Entwicklungsgeschichte des Auges.

Beiträge

zur

Entwicklungsgeschichte des Auges

von

Dr. Julius Arnold,

Professor der pathologischen Anatomie an der Universität Heidelberg.

Mit vier lithographirten Tafeln, gezeichnet von F. Veith.

Heidelberg.

Verlagsbuchhandlung von Fr. Bassermann.

1874.

Buchdruckerei von G. Otto in Darmstadt.

Einleitung.

Behufs der Bearbeitung des Kapitels „mikroskopische Anatomie der Linse“ für das von Graefe und Saemisch herauszugebende Handbuch der Ophthalmologie sammelte ich eine grosse Zahl von Rindsembryonen, von der gewiss begründeten Ansicht ausgehend, dass eine richtige Darstellung der Structurverhältnisse der ausgewachsenen Linse nur bei Berücksichtigung der Genese der Formelemente möglich ist. Die Untersuchung der Embryonen verschiedensten Alters ergab nicht nur bezüglich der Genese der Linse, sondern auch des Auges überhaupt Resultate, die in vielfacher Beziehung Beachtung verdienen.

Die in den folgenden Zeilen mitgetheilten Beobachtungen beziehen sich ausschliesslich auf die Entwicklung des Auges des Rindes. Es schien mir wichtig, gerade am Säugethierauge die einzelnen Entwicklungsphasen zu verfolgen; ich war desshalb bestrebt, ein möglichst vollständiges Untersuchungsmaterial mir zu verschaffen, an dem ich das Verhalten der einzelnen Theile des Auges sowohl in der frühesten Anlage, als in der weiteren Umwandlung zu prüfen Gelegenheit hatte. Da der jüngste Embryo, den ich untersuchte, eine Länge von 6 Millim., der älteste eine solche von 30 Centim. (vom Kopf bis zum Steiss) besass, da ferner die Maassunterschiede zwischen den einzelnen Embryonen bei den jüngeren immer nur wenige Millimeter, bei den älteren ein bis zwei Centimeter betrugen, darf das von mir bearbeitete

Material als ein vollständiges insofern bezeichnet werden, als zu dem Studium der einzelnen Entwicklungsphasen des Auges mehr als genügende Gelegenheit geboten war.

Die auf die Entwicklung der Linse sich beziehenden Beobachtungen sind zwar in dem oben erwähnten Kapitel zum Theil niedergelegt worden, aber dem Zweck des Handbuches entsprechend in möglichst gedrängter Form. Ich habe mir desshalb eine ausführlichere Schilderung meiner Befunde und Begründung meiner Anschauungen über die Entwicklung und das Wachsthum der Linse, sowie eine Erläuterung durch zahlreichere Abbildungen vorbehalten. In den ersten Abschnitten dieser kleinen Schrift sind diese Gegenstände erörtert, während in den folgenden diejenigen Beobachtungen niedergelegt sind, welche sich auf die Entwicklung der Cornea, Sclera, Chorioidea etc. beziehen.

Ich darf diese einleitenden Bemerkungen nicht schliessen, ohne meines Mitarbeiters, des Herrn Dr. Goldzieher, damaligen Assistenten an der hiesigen Universitätsaugenklinik zu gedenken, der mit kunstgeübter Hand ungefähr ein Dritttheil der Schnitte durch die embryonalen Augen angefertigt hat.

Inhaltsverzeichniss.

Entwicklung der Linse.

Der Darstellung meiner auf die frühesten Stadien der Genese der Linse sich beziehenden Befunde will ich die Mittheilung der in der Literatur über diesen Gegenstand niedergelegten Angaben vorausschicken.

Die ersten Beobachtungen über die Vorgänge der Linsenentwicklung in den frühesten Stadien verdanken wir Huschke (Meckel's Archiv. 1832). Derselbe hat zuerst wahrgenommen, dass bei der Entstehung der Linse eine Einstülpung des „äusseren Hautsystemes" eine Rolle spielt und zwar soll durch diese zunächst die Linsenkapsel gebildet werden. Die Elemente der Linse selbst lässt Huschke innerhalb der Kapsel durch weitere Differenzirung entstehen. Die eingestülpte Linsenkapsel beschreibt Huschke als eine anfangs weite Bucht, die sich aber später mehr verengere und endlich nur durch eine für eine Sonde durchgängige Oeffnung nach aussen münde.

Diese von Huschke am Hühnerembryo angestellten Beobachtungen konnte Ammon (Zeitschr. f. Ophthalmolog. 1832) nicht bestätigen. Von den durch Ammon gegen Huschke geltend gemachten Einwendungen scheint mir die bemerkenswerth, dass er die erste Anlage der Linse als mehr solide beschreibt und die Existenz einer Oeffnung an derselben läugnet.

Auch andere Beobachter (Bischoff, Gray u. Schoeler) konnten sich von dem durch Huschke geschilderten Vorgang der Einstülpung nicht überzeugen. Dagegen beschrieb Vogt (Embryolog. d. Salmones. Neuchatel. 1842) nicht nur die Einstülpung und Abschnürung genauer, sondern er stellte auch fest, dass die Entwicklung der Linsensubstanz aus der Wand der eingestülpten Linsenblase erfolgt. Durch Meyer (Müller's Archiv. 1851) wurde später der Nachweis geliefert, dass jede Linsenfaser aus einer

einzigen Zelle entsteht und nicht durch eine Aneinanderreihung von Zellen, wie früher von Valentin (Entwicklungsgesch. 1835, [illegible] Bd. XII. u. A. vermuthet wurde. Kölliker (Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Bd. VI) bestätigte die von Vogt an [illegible] gemachten Beobachtungen für die [illegible].

Die ausführlichste Darstellung der Vorgänge bei der Linsenentwicklung verdanken wir Remak (Untersuch. über Entwickl. 1855). Derselbe beschreibt die an dem Hornblatt an der Stelle, wo dieses die primäre Augenblase überzieht, eintretende Verdickung als eine scheibenförmige. Aus dem Centrum dieser wachse eine sackartige [illegible] Einstülpung hervor, welche die äussere Wand der Augenblase vor sich her dränge. Die Mündung des Sackes nach aussen werde durch eine rundliche, sehr leicht sichtbare, bald mehr central bald mehr seitlich gelegene Oeffnung vermittelt. Die Wand des Säckchens schildert Remak dicker als die Hornschichte. Mit vollendeter Abschnürung soll die Oeffnung geschwunden und das Hornblatt an der Stelle, wo es die abgeschnürte Linse bedecke, sehr dünn sein, während im Umfang dieser verdünnten kreisförmigen Stelle noch eine ansehnliche Verdickung (der äussere Umfang der Hornscheibe) bemerklich bleibe. Die Wand der abgeschnürten Linsenblase beschreibt Remak als aus cylindrischen kernhaltigen Zellen bestehend, deren Umwandlung in Linsenfasern, sowie weitere Wachsthumsphänomene ausführlicher erörtert werden. Bezüglich der Fischlinsen hebt Remak hervor, dass man auch bei ihnen die Vorgänge der Einstülpung und die Oeffnung der eingestülpten Linse wahrnehmen könne, dagegen soll in der Entwicklung der Linse insofern eine Abweichung von derjenigen beim Hühnchen vorhanden sein, als dieselbe unmittelbar nach der Abschnürung nicht eine Blase, sondern ein solides Gebilde darstelle. Wie oben schon angedeutet wurde, betheiligt sich bei den bis jetzt geschilderten Vorgängen nach der Anschauung Remak's das ganze Hornblatt; bei der Entwicklung der Linse der Batrachier dagegen soll nur die innere Schichte an der Bildung derselben participiren. Remak schildert diesen Modus der Entstehung mit folgenden Worten: „Sie (die weisse Zellenschichte) bildet bedeckt von der braunen Zellenschichte einen weissen blasigen Auswuchs (die Anlage der Linse), welcher von einer entsprechenden Vertiefung an der convexen äusseren Fläche der

Augenblase aufgenommen wird, d. h. die letztere wandelt sich gleichzeitig in einen doppelwandigen Napf, die secundäre Augenblase, um". Weiter unten fährt Remak fort: „Die Entstehung der Linse (der Batrachier) unterscheidet sich demnach, wie man sieht, nur in sofern von der bei den Vögeln beobachteten als die Oberhaut schon auf dieser frühen Entwicklungsstufe die Sonderung in zwei Zellschichten zeigt, die bei anderen Wirbelthieren erst später hervortritt und als nicht beide Schichten, sondern nur die innere sich an der Bildung der Blase betheiligen".

Kölliker hebt in seiner Entwicklungsgeschichte (S. 277) hervor, dass ihm diese zuletzt citirten Angaben Remak's unverständlich seien, indem ja bei dieser Bildungsweise eine Linsengrube nicht vorhanden sein könne. Barkan (Wiener acad. Sitzungsber. Bd. LIV. 1866) dagegen bestätigt die Beobachtungen Remak's bezüglich der Entwicklung der Batrachierlinse. Derselbe weist nach, dass in der That die äussere Schichte des Hornblattes bei der Entstehung der Linse der Batrachier sich nicht betheiligt, dass vielmehr durch Entfernung der inneren Lage von der äusseren eine Blase zu Stande kommt, welche nach aussen durch die letztere abgeschlossen wird.

Ganz ähnlich sind nach Schenk's (Wiener acad. Sitzungsber. Bd. LX. 1867) Beobachtungen die Vorgänge der Einstülpung der Linse bei den Fischen; auch bei ihnen geht die Entwicklung dieser von der inneren Schichte des oberen Keimblattes aus, indem beide Lagen desselben von einander sich entfernen und dadurch eine Blase bilden, welche nach aussen von der oberen Schichte begrenzt wird.

Nach der Ansicht Goette's (Arch. f. microsc. Anatomie Bd. IX. 1873) entwickelt sich die Linse bei der Unke als solide Wucherung der activen (inneren) Schichte des oberen Keimblattes, welche erst nachträglich und ohne Vermittlung einer Einstülpung eine Höhle erhalten soll.

Babuchin (Würzb. naturw. Zeitschr. Bd. IV. 1863), Kessler (Entw. d. Aug. Dorp. Diss. 1871) und Lieberkühn (Entw. d. Wirbelthierauges 1873) bestätigen im Wesentlichen die Angaben Remak's über die Vorgänge bei der Einstülpung, insofern sich dieselben auf die Bildung der Linse beim Hühnchen beziehen. Ueber die frühesten Stadien der Entwicklung der Linse bei Säugethieren sind die in der Literatur verzeichneten Angaben sehr spärliche. Kessler erwähnt, dass er zwei Embryonen vom

Hund beobachtete; bei dem einen habe sich die Abschnürung eben eingeleitet, bei dem anderen sei sie etwas weiter vorgeschritten gewesen; ferner berichtet derselbe von einem Schafsembryo, bei welchem das Hornblatt über der Augenblase behufs der Bildung der Linse sich verdickt habe. In keinem der eben angegebenen Fälle wird etwas genaueres über das Verhalten des oberen Keimblattes berichtet. Dagegen ist bei Kessler in Fig. 5 das Auge eines Mäuseembryo abgebildet, bei dem die vordere Wand der Augenblase schon weit nach innen umgestülpt ist und eine Linsengrube umschliesst, die durch eine weite Mündung nach aussen sich eröffnet.

Aus der eben gegebenen Uebersicht über die in der Literatur verzeichneten auf die frühesten Stadien der Linsenentwicklung sich beziehenden Angaben will ich hervorheben, dass die meisten Beobachter darin übereinstimmen, dass beim Hühnchen die erste Linsenanlage in Form einer Blase sich darstelle, welche durch die Einstülpung des ganzen Hornblattes zu Stande komme. Bezüglich der Bildung der Fischlinse weichen die Angaben in sofern von einander ab, als nach der Anschauung einiger Forscher der Modus der Entwicklung im Wesentlichen derselbe ist wie beim Hühnchen, während Andere die Entstehung der Linsenblase hauptsächlich auf eine Betheiligung der inneren Schichte des oberen Keimblattes zurückführen; die äussere Lage soll nur in sofern in Betracht kommen, als sie die Blase nach aussen abschliesst. Ueber die Entwicklung der Batrachierlinse liegen nur wenige Mittheilungen vor; denselben zufolge soll der eben beschriebene Modus der Genese auch für sie Geltung haben. Goette ist der einzige Beobachter, der die Bildung der Linse auf eine solide Wucherung der inneren Schichte des oberen Keimblattes zurückführt. Die Angaben über die Bildung der Säugethierlinse sind überhaupt nur sehr spärliche.

Bei der Darstellung meiner eigenen Befunde über Linsenentwicklung will ich von Beobachtungen ausgehen, welche ich an kleinen vom Kopf bis zum Steiss nur 6—8 Mm. messenden Rindsembryonen zu machen Gelegenheit hatte. Beim jüngsten Embryo von 6 Mm. Länge erschien das Auge in Form einer rundlichen Blase, welche durch einen ziemlich weiten Kanal mit der Hirnblase in Verbindung stand. (cf. Taf. I, Fig. 1). Die Wand der Blase sowohl, wie diejenige des Kanales erschien aus länglichen Zellen aufgebaut, die mit ihrem Längsdurchmesser

senkrecht auf der Oberfläche aufgestellt waren. Zwischen der Augenblase und dem oberen Keimblatt, das an der Stelle, an welcher dasselbe über die erstere wegzog, keinerlei Veränderungen erkennen liess, lag eine Schichte eines lichten Gewebes, welches die genannten Theile trennte. Die Breite dieser Gewebslage war an den verschiedenen Stellen nicht dieselbe; je nachdem der Schnitt höher oder tiefer geführt war, wechselte die Breite derselben.

Bei einem etwas älteren Embryo (von 7 Mm. Länge) war die primäre Augenblase grösser und mehr kuglig. (cf. Taf. I, Fig. 2). Die Wand derselben bestand gleichfalls aus länglichen radiär gestellten Zellen; nur erschien dieselbe an den vorderen Abschnitten dicker. Die Communication mit der Hirnblase wurde durch einen bereits ziemlich engen Kanal vermittelt, dessen Wandungen gleichfalls aus länglichen Zellen aufgebaut waren und continuirlich in diejenigen der Hirnblase übergingen. Da wo das obere Keimblatt über die primäre Augenblase wegzog, erschien dasselbe etwas verdickt. Zwischen dem Hornblatt und der vorderen Wand der primären Augenblase lag ein schmaler Streifen eines lichten Gewebes, das nach beiden Seiten mit den die Kopfplatten bildenden Abschnitten des mittleren Keimblattes continuirlich zusammenhing. Eine unmittelbare Berührung des oberen Keimblattes und der vorderen Wand der Augenblase hatte somit nicht statt.

Während bei dem eben beschriebenen Embryo die Dickezunahme des oberen Keimblattes an der Stelle der primären Augenblase keine bedeutende war, fand sich bei einem 9 Mm. langen Embryo daselbst eine kuglige Verdickung desselben (cf. Taf. I, Fig. 3). Man konnte an ihr drei Lagen unterscheiden: eine äussere mehr längsstreifige, eine innere radiär gezeichnete und eine mittlere etwas lichtere und gekörnte. Die erstere schien aus kleinen Plättchen zusammengesetzt zu sein; wenigstens hatten sich an verschiedenen Stellen solche abgelöst und auf die Fläche gelegt. Die innerste Schichte bestand aus länglichen kernhaltigen körnigen Körpern, welche radiär zur Oberfläche des Gebildes aufgestellt waren. In der Mitte zwischen diesen beiden Lagen fand sich eine kuglige Masse, welche aus runden schwach gekörnten Zellen mit undeutlichen Kernen bestand. Gegen Karmin verhielten sich diese Schichten in so fern verschieden, als die innerste intensiv sich färbte, die beiden anderen dagegen heller

tingirt waren. An einigen Präparaten hatte sich die äusserste Schichte abgelöst, so dass die lichtere kuglige Masse frei an der Oberfläche lag. Die vordere Wand der Augenblase war bereits nach hinten etwas umgeschlagen entsprechend der nach innen vorspringenden Verdickung des oberen Keimblattes. Zwischen der umgestülpten vorderen Wand der Augenblase und der eingestülpten Verdickung des obèren Keimblattes lag ein schmaler Streifen eines lichten Gewebes, das nach den Seiten mit dem mittleren Keimblatt continuirlich zusammenhing und als unmittelbare Fortsetzung dieses sich darstellte.

Bei einem 12 Mm. langen Embryo war die Linse bereits vollständig eingestülpt und hatte sich etwas von dem oberen Keimblatt entfernt (cf. Taf. II, Fig. 4). Dieselbe besass eine rundliche Form; ihre Wand bestand aus länglichen körnigen kernhaltigen Körpern, welche in mehreren Schichten angeordnet waren. In der Mitte lagen lichtere kuglige Körper, in denen noch Kerne kenntlich waren. Als eigentliche Blase konnte somit die Linse nicht angesprochen werden, vielmehr erschien sie als ein solides Gebilde, dessen in der Mitte gelegene Masse allerdings andere morphologische Eigenschaften besass als die peripherische. Zwischen Linse und Hornblatt fand sich auch hier eine Schichte eines lichten Gewebes, in dem schon einzelne Gefässe nachweisbar waren. Die Breite derselben wechselte nach der Höhe, in welcher der Schnitt geführt worden war. Bezüglich des Verhaltens der übrigen Gebilde des Auges sei hier nur hervorgehoben, dass die vordere Wand der Augenblase bereits vollständig eingestülpt war, aber noch durch einen lichten Saum von der hinteren getrennt wurde. Die letztere war an ihrer inneren Fläche von einem lichten kernhaltigen Gewebe umgeben, in dem schon einzelne Gefässchen zu erkennen waren. Nach vorn hing dasselbe mit dem vor der Linse gelegenen Gewebe zusammen; ausserdem ging es aber an der Umschlagestelle der Augenblase continuirlich in die hinter der Linse gelegene lichte Masse über.

Von den Befunden bei einem 15 Mm. langen Embryo will ich nur die auf die Linse sich beziehenden hervorheben. Dieselbe erscheint auch jetzt noch als ein kugliges Gebilde mit ziemlich dicker aus mehrfach geschichteten kernhaltigen Körpern bestehender Wand (cf. Taf. II, Fig. 5). Die hinteren Abschnitte dieser erscheinen etwas dicker wie die seitlichen und vorderen. Das Centrum der Linse ist lichter und mit kugligen Körpern an-

gefüllt, deren Kerne weniger deutlich sind. Die Grenze zwischen den wandständigen und den central gelegenen Körpern ist eine schärfere wie früher. Die Linse erscheint bereits als eine im Centrum mit lichter Masse gefüllte dickwandige Blase.

Die bis jetzt geschilderten Beobachtungen beziehen sich einmal auf den Modus der Entwicklung der Linse aus dem oberen Keimblatt, zweitens aber auf das Verhalten des mittleren Keimblattes und der Wandungen der Augenblase bei diesen Vorgängen. Ich will zunächst nur auf eine Erörterung der erst erwähnten Vorgänge eingehen. Sollte man sich auf Grund der mitgetheilten Wahrnehmungen eine Anschauung über die frühesten Vorgänge der Entwicklung der Linse beim Rind machen, so müsste davon ausgegangen werden, dass es sich zunächst um eine Verdickung des oberen Keimblattes handelt und zwar scheint dieselbe vorwiegend auf Rechnung der inneren Schichte dieses zu kommen, während die äussere Lage sich mehr passiv verhält. Es ergibt sich aber ferner, dass diese Wucherung ursprünglich eine solide ist, dass aber sehr bald in den mittleren Abschnitten der soliden Masse Metamorphosen eintreten, durch welche die central gelegenen Zellen in kuglige lichte Gebilde umgewandelt werden, durch deren fortschreitende Degeneration es endlich zu der Bildung einer centralen mit lichten Kugeln gefüllten Höhle kommt. Die peripherischen Zellen dagegen bewahren eine mehr körnige Beschaffenheit, werden in mehreren Schichten angeordnet und stellen so die aus Zellen zusammengesetzte Wand der Linse dar, welche nach vollendeter Einschmelzung der centralen Zellen als Blase erscheint. Während diese Metamorphosen an der Linse selbst ablaufen, entfernt sie sich von dem oberen Keimblatt von diesem sich abschnürend. Ob die Höhlenbildung im Centrum der Linse immer erst nach vollendeter Abschnürung oder zuweilen schon früher eingeleitet wird, lässt sich nicht entscheiden. Möglicherweise bestehen in dieser Beziehung Verschiedenheiten bei den einzelnen Individuen.

Aus der oben mitgetheilten Zusammenstellung der Beobachtungen Anderer über diesen Gegenstand ist zu ersehen, dass die meisten Forscher die Bildung der Linse des Hühnchens auf eine blasige Einstülpung des ganzen Hornblattes zurückführen, während allerdings Goette für die Unke eine Betheiligung nur der inneren Schichte des oberen Keimblattes annimmt. Bezüglich der Entstehungsweise der Linse der Fische und Batrachier gehen die

Anschauungen in sofern auseinander, als einzelne Beobachter für denselben Modus der Entwicklung wie bei der Hühnerlinse sich aussprechen, während andere die Linse als Blase zwischen den beiden Schichten des oberen Keimblattes entstehen lassen. Bezüglich der Entwicklung der Säugethierlinse liegen nur die Angaben und Abbildungen Kessler's vor; denselben zufolge soll der Modus der Linsenentwicklung bei Säugethieren derselbe sein, wie beim Hühnchen.

Gehen wir bei der Vergleichung unserer Beobachtungen mit denjenigen Anderer von der Annahme aus, dass die Entstehungsweise bei den verschiedenen Thiergattungen keine gleiche sei, so würden Widersprüche nur zwischen den Angaben Kessler's und den unsrigen zu verzeichnen sein, vorausgesetzt dass bei allen Säugethieren die Genese der Linse immer nach denselben Gesetzen erfolgt. Ich muss mich in dieser Beziehung mit dem Hinweis auf die oben berichteten Beobachtungen begnügen und will hier nur noch einmal hervorheben, dass an gut conservirten Präparaten die Linse in den frühesten Perioden immer als ein solides durch Wucherung der inneren Schichte des oberen Keimblattes entstandenes Gebilde sich darstellte, an dessen Entstehung die äussere Schichte des letzteren sich nicht betheiligte. An einigen Objecten war allerdings nur eine Schichte des Keimblattes vorhanden; allein in diesen Fällen konnte nachgewiesen werden, dass die äussere Lage dieses sich abgestossen hatte, wahrscheinlich in Folge schlechter Präparation und Conservirung der Augen; die sonst im Centrum befindliche lichte kuglige Masse lag dann oberflächlich und stand in loser Verbindung mit der eingestülpten tieferen Schichte des oberen Keimblattes. Nach Entfernung der ersteren würde eine grubenförmige Vertiefung, die nur von einer Lage des oberen Keimblattes begrenzt worden wäre, zurückgeblieben sein.

Ich bin weit davon entfernt diese Beobachtungen für alle jene Fälle in Anwendung zu bringen, in denen eine Entstehung der Linse vermittelst der Bildung einer grubenförmigen Vertiefung des oberen Keimblattes angenommen wird. Wie schon oben angedeutet wurde, ist ein verschiedener Modus der Linsenentwicklung bei den einzelnen Thiergattungen recht wohl denkbar. Eine andere Frage ist aber die, inwiefern die von Remak, Barkan und Schenk mitgetheilten Beobachtungen sich aus den oben erörterten Vorkommnissen erklären. Dass eine Blase zwischen

den beiden Schichten des oberen Keimblattes lediglich durch Entfernung dieser von einander entstehe, kann ich mir schwer vorstellen, wie dies Koelliker mit Recht schon betont. Dagegen würde sich dieser Befund meines Erachtens in sehr einfacher Weise durch die Annahme erklären, dass die durch Wucherung der inneren Schichte des oberen Keimblattes entstandene Linsenanlage ursprünglich solide sei und erst durch Einschmelzung der central gelegenen Masse zu einer Blase sich gestalte.

Auch Ritter's (Arch. f. Ophthalm. Bd. XI.) Befund von Zellen in dem Centrum der Linsenblase, den ich aus eigenen Beobachtungen bestätigen kann, ist geeignet die obige Anschauung zu stützen. Selbstverständlich dürfen sie aber nicht als Gebilde aufgefasst werden, von denen die Entwicklung der Linsenfasern ausgehe, wie dies von Ritter geschehen ist. Vielmehr sind sie gerade die dem Untergang gewidmeten Bildungszellen, durch deren Metamorphose die Linse zu einer Blase sich gestaltet, während die Linsenfasern, wie später gezeigt werden soll, aus einer Umwandlung der peripherischen Bildungszellen hervorgehen. Obgleich somit manche Beobachtungen dafür geltend zu machen sind, dass die erste Anlage der Linse nicht nur bei Säugethieren, sondern auch bei anderen Thiergattungen eine solide ist, so bin ich doch keineswegs gewillt, diesen Modus der Linsenentwicklung als einen allgemein oder gar allein gültigen hinzustellen. Ich betrachte vielmehr die Frage als eine offene und die oben mitgetheilten Beobachtungen als einen kleinen Beitrag zu deren Lösung.

Bei der weiteren Entwicklung der Linse handelt es sich zunächst um eine Umwandlung des in früheren Stadien soliden Gebildes in eine Blase. Dieselbe wird, wie schon oben hervorgehoben wurde, wesentlich vermittelt durch eine Metamorphose der im Centrum gelegenen Zellen (cf. Taf. II, Fig. 5). Diese werden lichter, ihre Kerne undeutlicher und so gestalten sie sich zu lichten im Centrum der Linse gelegenen Kugeln. Dagegen bewahren die peripherischen Bildungszellen ihre körnige Beschaffenheit; sie nehmen eine mehr längliche Form an, stellen sich mit ihren Längsdurchmessern senkrecht zur Oberfläche und zwar meistens in mehreren Schichten; ihre Kerne bleiben deutlich. Auf diese Weise wird die Linse zu einem blasigen Gebilde mit lichtem Centrum, dessen Wand aus radiär gestellten kernhaltigen Körpern besteht (cf. Taf. II, Fig. 5). Die

an diesem eintretenden Veränderungen beziehen sich einmal auf die fortschreitenden Metamorphorsen des centralen Inhalts und zweitens auf die Veränderungen in der Dicke und Configuration der einzelnen Abschnitte der Wand.

Was zunächst die ersteren betrifft, so waren bei Linsen von circa 15 Mm. langen Embryonen die im Centrum der Blase gelegenen Gebilde noch lichter und Kernbildungen an ihnen noch seltener nachweisbar; an einzelnen Stellen schienen sie zu einer mehr homogenen Masse umgewandelt. Gleichzeitig wurde die Begrenzung dieser gegen die wandständigen Zellen schärfer. Diese selbst hatten ihre früher geschilderten Eigenschaften bewahrt; dagegen waren Differenzen in der Dicke der Wand an einzelnen Stellen der Art eingetreten, dass die Schichte der Zellen an der hinteren Wand breiter, an den Seiten und vorn schmäler erschien; ausserdem war die Begrenzungslinie nicht wie an den letztgenannten mit der Concavität gegen das Centrum gerichtet, sondern sie war eine mehr convexe, in der Richtung nach vorn in die Linsenblase vorspringende. Der Dickezunahme der Zellenschichte an der hinteren Wand entsprechend war die Linse daselbst etwas breiter und wich insofern von der Kugelgestalt ab. Die Verbreiterung und Formveränderung der Zellenschichte an der hinteren Wand wird mit dem zunehmenden Wachsthum der Linse immer beträchtlicher. So erschien die Linse bei einem 18 Mm. langen Embryo nicht nur im Allgemeinen grösser, sondern auch an der hinteren Seite beträchtlich verbreitert (cf. Taf. II, Fig. 6). Während die Schichte der Bildungszellen an den Seiten und vorn verhältnissmässig eher etwas schmächtiger war wie früher, lagen an der hinteren Wand Formelemente, die von dieser aus sehr weit nach vorn in die Linsenhöhle vorsprangen und bereits mehr den Character von länglichen Fasern besassen. Ihre Begrenzung nach vorn hatte die Form eines Bogens, dessen Convexität nach vorn gerichtet war, dessen seitlichen Abschnitte nach hinten verliefen und an dieser Stelle in den Contour der an den Seiten gelegenen Grenzschichte umbogen. Die an der hinteren Wand befindlichen langen Zellen oder Fasern erstreckten sich von der hinteren Wand bis zu dem vorderen Grenzcontour; die in der Mitte besassen die grösste Länge, nach den beiden Seiten dagegen wurden sie kürzer; der Verlauf der mittleren Fasern war ein mehr gerader, derjenige der seitlichen ein mehr bogenförmiger und zwar waren

die Concavitäten der Bögen nach den Seiten gerichtet (cf. Taf. II, Fig. 6). An der vorhin erwähnten Umbiegungsstelle war zwischen den an der hinteren Wand gelegenen Fasern und den an den Seiten gelegenen Bildungszellen ein unmittelbarer Uebergang nachweisbar. In den Fasern lagen in nicht immer gleichen Abständen von den Enden deutliche Kerne und zwar wie es mir schien ausnahmslos in je einer Faser ein Kern. Durch diese Anordnung von Kernen und deren Lagerungsweise in den Fasern kam es zu der Bildung eines Bogens, dessen Convexität gleichfalls nach vorn gerichtet, dessen Krümmung aber schwächer war wie diejenige des den vorderen Faserenden entsprechenden Bogens. An den Seiten ging diese Kernzone in die Kerne der daselbst befindlichen Bildungszellen über.

War durch die eben beschriebenen Phänomene des Auswachsens der Zellen an der hinteren Wand zu Fasern, welche in die Linsenhöhle vorsprangen, diese verkleinert und entsprechend dem Contour der vorderen Faserenden aus einem rundlichen in einen mehr halbmondförmigen Raum umgewandelt worden, so tritt diese Beschränkung und Formveränderung der Linsenhöhle entsprechend dem fortschreitenden Wachsthum der Fasern in der Richtung nach vorn bei älteren Embryonen von circa 23 Mm. noch deutlicher hervor (cf.. Taf. II, Fig. 7). Die Verschmälerung des Raumes ist hier eine noch viel beträchtlichere, es restirt von der Linsenhöhle nur noch ein schmaler lichter Saum, der die vorderen Enden der Fasern von den seitlich und vorn gelegenen Bildungszellen trennt. Die Lage dieser erscheint nicht nur relativ, sondern auch absolut schmäler wie früher, ihre Schichtung ist zwar noch eine mehrfache, doch liegen gewöhnlich nur zwei Reihen von Zellen übereinander. Nach hinten nimmt die Zellschichte an Dicke zu und in einiger Entfernung von der hinteren Wand biegen die Zellen in die Fasern um. Diese Umbiegungsstelle ist aber etwas weiter nach vorne gerückt wie bei den früheren Embryonen. Die an der hinteren Wand aufgestellten Fasern sind um vieles länger, ihre Verlaufsrichtung ist aber im Wesentlichen dieselbe. Die mittleren ziehen von hinten nach vorn, die seitlichen beschreiben nach den Seiten concave Bögen. Die Kernzone ist stärker gebogen, etwas verbreitert, biegt aber wie früher an den Seiten um. Bei Schnitten, welche durch die mittleren Abschnitte der Linse geführt sind, stehen die Enden der in der Mitte gelegenen Fasern mehr oder weniger weit ab

und es kommt auf diese Weise zu der Bildung eines an der hinteren Fläche gelegenen dreieckigen Raumes, dessen Spitze nach vorn, dessen Basis nach hinten gerichtet ist (cf. Taf. II, Fig. 7).

Aus den bis jetzt über Wachsthumsphänomene der Linse berichteten Beobachtungen ist hervorzuheben, dass die ursprünglich solide Anlage der Linse durch Einschmelzung der central gelegenen Zellen zu einer Blase sich gestaltet, deren Wandungen aus Zellen bestehen. Während diese ursprünglich an sämmtlichen Stellen dieselben Eigenschaften besitzen, werden später zunächst die an der hinteren Wand gelegenen durch Auswachsen in der Richtung nach vorn zu Fasern und zwar gestaltet sich in der Regel je eine Zelle mit ihrem Kern zu einer kernhaltigen Faser um. Die Verkleinerung der Höhle der Linsenblase schreitet entsprechend dem Wachsthum der Fasern in der Richtung nach vorn fort. Eine Anbildung von Fasern von der Seite ist vielleicht ganz auszuschliessen; jedenfalls ist dieselbe in diesem Stadium von untergeordneter Bedeutung, wie sich aus der Lage der Umbiegungsstelle nahe der hintern Wand ergibt.

Während dem Gesagten zufolge die Anbildung von Linsenfasern in den früheren Perioden vorwiegend durch eine Ueberführung der an der hinteren Wand gelegenen Zellen in Fasern vermittelt wird, tritt bei älteren Embryonen von 30 Mm. Länge auch eine stärkere Anbildung von den Seiten hinzu, indem die hinter dem Aequator gelegenen Bildungszellen zu Fasern sich umgestalten (cf. Taf. II, Fig. 8). Die Linse erscheint bei solchen Embryonen mehr oval. Der Rest der Linsenhöhle stellt sich dar als ein sehr schmaler zwischen den vorderen Faserenden und den Zellen an der vorderen Wand gelegener Saum. Die Lage der letzteren ist noch schmächtiger wie bei den jüngeren Embryonen. Die Umbiegungsstelle ist weiter nach vorn gerückt und hat sich dem Aequator genähert. Während die vorderen Faserenden der vorderen Wand der Linsenblase näher gerückt sind, haben sie sich von der hinteren Wand etwas mehr entfernt. Wenigstens gilt dies für die mittleren Fasern, welche auch jetzt noch einen geraden, von hinten nach vorn gerichteten Verlauf einhalten. Dagegen ist bei den Fasern, welche zu den Seiten von den mittleren gelegen sind, eine Aenderung der Verlaufsrichtung in der Art nachweisbar, dass ihre Enden gegen die Linsenaxe umgebogen sind, und zwar ist dieses Umgebogensein

der Faserenden hinten gewöhnlich viel beträchtlicher wie vorn (cf. Taf. II, Fig. 8). Die in der Nähe des Aequators befindlichen Fasern beschreiben noch wie früher Bögen, deren Concavitäten gegen den Aequator gerichtet sind. Der Raum an der hinteren Kapselwand besitzt noch eine dreieckige Form, ist zuweilen etwas grösser und mit lichten Kugeln gefüllt. Die Kernzone rückt proportional dem Wachsthum der Fasern nach vorn in derselben Richtung vor. In den mittleren Abschnitten wird sie etwas weniger deutlich, weil die Kerne mehr zerstreut liegen (cf. Taf. II, Fig. 8).

Die eben beschriebenen Formveränderungen der Linse im Ganzen, sowie die erwähnten Aenderungen im Faserverlauf erklären sich erstens aus der zu dieser Zeit zunehmenden Anbildung der Fasern von der Seite her, und zweitens aus dem verhältnissmässig geringeren Wachsthum der von der hinteren Wand angebildeten Fasern, die zwar noch in der Richtung nach vorn sich verlängern, gleichzeitig aber von der hinteren Wand abrücken und mit den hinteren Faserenden sich umbiegen.

Die erwähnten Erscheinungen der gesteigerten Anbildung von der Seite und des zurücktretenden Wachsthums der mittleren Fasern thun sich in noch viel exquisiterer Weise kund bei älteren Embryonen von 40—70 Mm. Länge (cf. Taf. III, Fig. 9, 10 und Taf. IV, Fig. 13, 14 und 15). Die Linse nimmt bei ihnen immer mehr eine ovale Form an, die hintere Fläche beginnt kugliger zu werden wie die vordere. Die vorderen Faserenden erreichen beinahe die an der vorderen Wand gelegene, noch schmäler gewordene Schichte von Zellen und werden meist nur noch in der Mitte durch eine lichtere Masse von derselben getrennt, die gleichfalls an meridionalen Durchschnitten eine mehr dreieckige Gestalt annimmt (cf. Taf. IV, Fig. 15). Die hinteren Faserenden stehen von der hinteren Wand noch weiter ab, als früher. Der dreieckige Raum, welcher an der hinteren Wand gelegen ist, hat dem entsprechend an Grösse zugenommen. Der Faserverlauf ist nur noch bei den mittleren Fasern ein mehr gerader, die nach beiden Seiten von diesen gelegenen Fasern beschreiben Bögen, deren Convexitäten gegen den Aequator gelegen sind (cf. Taf. III, Fig. 10, und Taf. IV, Fig. 13, 14 u. 15). Die Umbiegung der Faserenden gegen die Linsenaxe ist beträchtlicher, dagegen beschreiben die nächst dem Aequator befindlichen Fasern immer noch nach

dem Linsenrand offene Bögen; doch ist die Zone der so angeordneten Fasern schmäler wie früher.

Bemerken will ich noch, dass an meridionalen Durchschnitten nicht nur an der Stelle des vorderen und hinteren Poles, sondern auch hinter dem Aequator lichte mit kugligen Massen angefüllte Räume zu finden sind (cf. Taf. IV, Fig. 13, 14 und 15). Die Form dieser Räume fällt etwas verschieden nach der Schnittrichtung aus. An meridionalen Schnitten erscheinen die am vorderen und hinteren Pol gelegenen Räume in der Form eines spitzen Dreieckes, dessen Spitze bei beiden gegen den Mittelpunkt der Linse gerichtet ist. Der hinter dem Aequator gelegene Raum erscheint als eine mehr längliche Spalte, die sich nach vorne verbreitert und abrundet, nach hinten spitz zulaufend endigt. Ist der Schnitt über der Linsenaxe in horizontaler Richtung geführt, so bietet der vordere Raum die Form einer einfachen Spalte dar, während am hinteren Pol ein Wulst getroffen wird, der nach beiden Seiten von zwei Spalten begrenzt wird, welche in der Richtung von vorn nach hinten convergiren, ohne aber in der Mitte zusammen zu treffen (cf. Taf. IV, Fig. 13 und 14). Bei Schnitten, die unterhalb der Linsenaxe geführt sind, ist hinten eine einfache Spalte, vorn ein dreieckiger Raum gelegen; einen deutlichen Wulst habe ich in demselben nicht wahrgenommen (cf. Taf. IV, Fig. 15). Der hinter dem Aequator gelegene Raum nimmt an Schnitten, die in grösserer Entfernung über oder unter der Linsenaxe geführt sind, in der Richtung gegen den hinteren Pol an Ausdehnung zu; bei nahe dem Linsenrand geführten Schnitten stellt er einen ziemlich breiten, über die ganze hintere Fläche sich erstreckenden Raum dar.

Von der Existenz und Bedeutung der soeben am vorderen und hinteren Pol, sowie hinter dem Aequator beschriebenen, mit kugligen Massen angefüllten Räume erhält man aber erst eine klare Anschauung, wenn man die Schnitte parallel der hinteren Linsenfläche führt (cf. Taf. IV, Fig. 18 und 19). An der hinteren Oberfläche nimmt man an solchen Schnitten eine dreistrahlige Figur wahr; zwei Strahlen verlaufen nach oben und den Seiten, einer derselben gerade nach unten; an der Stelle des hinteren Poles treffen dieselben etwas sich verbreiternd zusammen. Die Linsenfasern hören an diesem Strahle mit etwas verbreiterten Enden auf. Die Stellung der Faserenden zu den Strahlen ist im Allgemeinen der Art, dass sie an diese unter

rechten Winkeln sich ansetzen; nur an den peripherischen Abschnitten der Strahlen sind sie etwas umgebogen; die von diesen selbst abgehenden Fasern verlaufen sogar in der Verlängerung der Strahlen gegen den Linsenrand. Dieselbe Zeichnung findet man an der vorderen Linsenfläche, nur ist dieselbe eine umgekehrte, der Art, dass ein Strahl nach oben zieht, während die beiden anderen nach unten und den Seiten verlaufen. Je mehr man sich von den Linsenpolen entfernt und der Aequatorialebene nähert, um so mehr verliert sich diese Zeichnung und man trifft dann mehr auf schief und quer durchschnittene Fasern: ein Bild, wie es bei jüngeren Embryonen fast immer bei solcher Schnittführung wahrgenommen wird und zwar überwiegt die Zahl der quer durchschnittenen über die der schief durchschnittenen Fasern, welche nur in grösserer Entfernung von der Linsenaxe zu finden, während bei älteren Embryonen die schief durchschnittenen Fasern viel zahlreicher sind.

Es würde mich zu weit führen, wenn ich auch bei älteren Embryonen die eben erörterten Verhältnisse des Wachsthumes in ihren Einzelheiten verfolgen wollte. Ich begnüge mich mit der Hervorhebung der wesentlichen Befunde, wie sie die Untersuchung von älteren Embryonen bis zu 30 Cm. Länge ergeben hat. Zunächst muss ich betonen, dass bei ihnen nur noch eine Anbildung von Linsenfasern von der Seite her und zwar von der hinter dem Aequator gelegenen Schichte von Bildungszellen stattfindet. Die vor dem Aequator gelegenen Bildungszellen sind bereits zu den Epithelzellen umgewandelt, die anfangs noch in zwei Schichten, später aber nur noch in einer Lage angeordnet sind; nur hinter dem Aequator pflegt sich noch lange Zeit eine mehrschichtige Lage von körnigen, kernhaltigen Körpern zu erhalten, welche sich durch ihre weniger scharfe Begrenzung und durch ihre körnigere Beschaffenheit von den an der vorderen Wand gelegenen, schärfer contourirten und lichten Zellen unterscheiden. Die Begrenzung zwischen dieser Lage von Epithelien und den vorderen Faserenden ist immer eine scharfe, auch dann, wenn sich beide Formelemente wie bei älteren Embryonen dicht anliegen (cf. Taf. IV, Fig. 16). An die hinter dem Aequator gelegene Schichte von Bildungszellen schliesst sich zunächst ein System von kurzen Fasern an, deren offene Bögen gegen den Aequator gerichtet sind. Darauf folgt eine Lage von Fasern, welche einen mehr S-förmigen Verlauf der Art einhalten, dass

sie an der Stelle, wo sie den Aequator passiren und wo ihre Kerne gelegen sind, nach dem Linsenrand offene Bögen darstellen, während die vor und hinter dem Aequator gelegenen Abschnitte nach aussen convexe Bögen beschreiben und die Faserenden gegen die Linsenaxe umgebogen sind. Nach innen von diesen liegen Fasern, die nach aussen convexe Bögen beschreiben und deren Faserenden der Linsenaxe sich beträchtlich zuneigen. Dieselben reichen bis zum Linsenkern. In diesem selbst habe ich auch bei sehr grossen Embryonen noch gerade vorlaufende Fasern getroffen.

Während die Fasern mit ihren vorderen Enden durch das Epithel von der Kapsel getrennt werden, erreichen sie mit ihren hinteren Enden dieselbe und sind nur an der Stelle der Pole und hinter dem Aequator durch kuglige Massen von ihnen getrennt.

Bei allen Embryonen ist an meridionalen Schnitten eine Kernzone nachweisbar. Dieselbe verläuft zuerst in der Richtung nach hinten, biegt aber bald nach vorn um und beschreibt einen Bogen, dessen nach vorn gerichtete convexe Seite mehr oder weniger weit vor der Aequatorialebene gelegen ist.

Die lichten an den Polen gelegenen Räume sind auch bei älteren Embryonen vorhanden; doch sind sie eher etwas kleiner und werden von den umgebogenen Faserenden begrenzt. Ihre spitzen Ausläufer nähern sich dem Centrum der Linse entsprechend dem zunehmenden Alter des Embryo. Bei parallel der Aequatorialebene geführten Schnitten erhält man an der vorderen wie hinteren Fläche Sternfiguren, die aber viel weiter nach innen sich fortsetzen, wie bei jüngeren Embryonen. Auch den hinter dem Aequator gelegenen Raum habe ich bei älteren Embryonen noch angetroffen, doch wird er mit zunehmendem Alter beträchtlich kleiner. Die Ansatzweise der Fasern an den Sternstrahlen ist insofern eine veränderte, als die Faserenden umgebogen sind. Die Sternstrahlen selbst besitzen eine geringere Breite, die kuglige Masse in ihnen ist spärlicher.

Ehe ich zu der Vergleichung meiner Befunde mit denjenigen anderer Beobachter übergehe, will ich eine Darstellung der einzelnen Phasen der Entwicklung der Linse, welche sich aus den bisher geschilderten Wahrnehmungen ableiten lassen, und der charakteristischen Erscheinungen derselben in übersichtlicher

Form hier folgen lassen. Selbstverständlich bezieht sich dieselbe nur auf die genetischen Verhältnisse der Linse des Rindes.

Die Linse erscheint in den frühesten Perioden als ein solides Gebilde, das durch eine Wucherung der inneren Schichte des oberen Keimblattes entstanden ist. Dasselbe wird zu einer hohlen Blase durch Einschmelzung der central gelegenen Zellen, während die peripherischen sich erhalten und die Wand der Blase zusammensetzen.

Die Linsenblase besitzt ursprünglich eine kugelige Form; ihre Wand ist an allen Stellen gleich dick und aus körnigen, kernhaltigen Körpern aufgebaut, während im Centrum lichte kernlose Kugeln getroffen werden, die aus der Metamorphose der central gelegenen Bildungszellen hervorgegangen sind.

Die Anbildung der Linsenfasern beginnt an der hinteren Wand, indem die daselbst befindlichen Zellen in der Richtung nach vorn auswachsen und auf diese Weise zu Fasern sich umgestalten. Aus je einer Bildungszelle mit ihrem Kern wird in der Regel eine kernhaltige Faser.

Der Raum der Linsenhöhle wird in demselben Grade verkleinert, ihre Form in demselben Maasse verändert, als die an der hinteren Wand aufgestellten Fasern mit ihren vorderen Enden der vorderen Wand sich nähern.

Durch die Kerne der Fasern wird eine Zone beschrieben, deren Bogen in seiner Form und Lage nach den entsprechenden Verhältnissen der vorderen Faserenden sich richtet. Die Kernzone biegt an den Seiten nahe der hinteren Wand in die Kernreihen der an den Seiten gelegenen Bildungszellen um.

In den späteren Perioden macht sich ausser dem Wachsthum der an der hinteren Wand gelegenen Fasern in der Richtung nach vorn auch eine Anbildung von Fasern von den Seiten her geltend. Entsprechend dem Wachsthum der an der hinteren Wand gelegenen Fasern nach vorn rückt die Kernzone in derselben Richtung vor, während die Annäherung der Umbiegungsstelle an den Aequator wesentlich von der Anbildung der Fasern von den Seiten her abhängt. Gleichzeitig wird der Verlauf der Fasern insofern ein verschiedener, als die in der Mitte gelegenen wie zuvor gerade von hinten nach vorn ziehen, während die seitlichen Bögen bilden, deren Concavität gegen den Aequator gerichtet ist.

Das weitere Wachsthum der Linse ist charakterisirt durch

vorwiegende Anbildung der Linsenfasern an den Seiten und das Auswachsen der in der Mitte gelegenen Fasern insbesondere nach vorn. Die Linse wird dem ersteren entsprechend mehr oval, die Linsenhöhle in Folge des letzteren immer kleiner. Die Kernzone rückt weiter nach vorn. Die in der Mitte gelegenen Fasern verlaufen noch gerade von hinten nach vorn, die seitlichen beschreiben gegen den Aequator offene Bögen. Ausserdem finden sich aber zwischen diesen beiden Systemen von Fasern solche, deren Bögen mit der Convexität nach aussen gerichtet sind, während die Enden, insbesondere die hinteren, gegen die Linsenaxe umgebogen erscheinen. Die an der vorderen Wand befindliche Schichte von Zellen wird schmächtiger, diese selbst nehmen mehr den Charakter von Epithelien an.

Im weiteren Verlauf der Entwicklung ist das Auswachsen der mittleren Fasern ein mehr zurücktretendes; dieselben nähern sich zwar der vorderen Wand und erreichen dieselbe, sie rücken aber gleichzeitig von der hinteren Wand ab. Beträchtlicher ist das Wachsthum bei den an sie angrenzenden Fasersystemen, welche mit ihren Enden sich über diejenigen der mittleren Fasern in der Richtung gegen die Linsenaxe wegschieben, dieselben überlagernd. Das Wachsthum an der hinteren Fläche scheint bei ihnen stärker zu sein als das an der vorderen Fläche; wenigstens liegen die hinteren Faserenden im Allgemeinen dem Pol näher. Eine eigentliche Anbildung der Fasern findet nur noch an den Seiten statt. Da sie eine sehr ausgiebige ist, rückt die Umbiegungsstelle dem Aequator sehr nahe.

Bei älteren Embryonen wachsen die mittleren Fasern in geringem und wie es scheint gleichem Grade in der Richtung nach hinten und vorn. Ergiebiger ist das Wachsthum an den zu ihren Seiten gelegenen Fasersystemen, so dass diese sich der Linsenaxe beträchtlich nähern. Die Anbildung von Fasern vom Aequator aus ist auch hier noch eine sehr ergiebige. Die Umbiegungsstelle liegt dicht hinter dem Aequator; die an diesem gelegenen Fasern beschreiben gegen den Linsenrand offene Bögen. Die Kernzone überschreitet mit ihrem mittleren convexen Abschnitt die Aequatorialebene in der Richtung nach vorn. Die an der vorderen Wand gelegenen Zellen sind in zwei Reihen angeordnet und haben den Charakter von epithelialen Gebilden angenommen. Während der lichte Raum der Linse entsprechend dem Wachsthum der Fasern an der vorderen und hinteren Fläche

verkleinert wurde, bestehen bei älteren Embryonen an dem vorderen und hinteren Pol lichte Räume, von denen drei Strahlen ausgehen, die in ziemlich gleichen Abständen gegen den Linsenrand verlaufen. Von den Strahlen erstrecken sich gegen das Linsencentrum radienartig verlaufende Linien, welche dem Centrum um so näher rücken, je älter der Embryo ist. Bei jüngeren Embryonen geschieht der Ansatz an die Strahlen unter rechten Winkeln, bei älteren sind die Faserenden an diesen Stellen umgebogen.

Die Bildung der Sternpole erklärt sich aus dem geringeren Wachsthum der central gelegenen Fasern in späteren Perioden einerseits, dem stärkeren Wachsthum der seitlich gelegenen Fasersysteme und der vorwiegenden Anbildung der Fasern in dieser Richtung andererseits. Die Entstehung der Sternstrahlen steht mit der Umbiegung der Faserenden in der Richtung von je drei zu dem Linsencentrum radiär gestellten Liniensystemen in Verbindung.

Während, wie aus der oben mitgetheilten Literatur hervorgeht, über die erste Anlage der Linse zahlreiche Beobachtungen vorliegen, besitzen wir über die weiteren Entwicklungsphasen und insbesondere über die oben beschriebenen Wachsthumsphänomene nur vereinzelte Angaben. Nachdem schon Vogt erkannt hatte, dass die eingestülpten Zellen des oberen Keimblattes zu den Linsenfasern sich umgestalten, hat zuerst Méyer dargethan, dass eine jede Linsenfaser aus nur einer einzigen Zelle entsteht. Ausserdem hob er hervor, dass die innersten Schichten der Linse die ältesten sind, und dass das Wachsthum derselben durch Apposition von aussen stattfindet; endlich betont Meyer noch, dass bei dem Wachsthum der Linse die hintere Hälfte dieser stärker zunimmt, als die vordere.

Von Koelliker (mikrosk. Anat. II., S. 731) wurde die Bedeutung der am Aequator gelegenen Zellen für das Wachsthum der Linse ausführlicher erörtert.

Remak (l. c., S. 91) erwähnt, dass bei Kaninchenembryonen von 1½″ Länge sämmtliche Linsenfasern ohne sichtbare Unterbrechung von der hinteren Wand der Linsenkapsel zur vorderen verlaufen. Aus der Lagerung der Fasern zu der hinteren Linsenwand einerseits und zu dem an der vorderen Wand befindlichen Epithel andererseits schliesst Remak, dass die Zellen der hinteren Wand die Linsenfasern, die der vorderen dagegen das Epithel bilden.

B a b u c h i n (Würzb. naturw. Zeitschr. 1863) bestätigt im Wesentlichen diese Angaben R e m a k ' s und erläutert dieselben durch Abbildungen.

B e c k e r (Arch. f. Ophthalmolog., Bd. IX., 1863) schildert das Verhalten der Linsenfasern bei einem 7''' langen Kaninchenembryo und bei einem $7^1/_2$'' langen Rindsembryo. Bei dem ersteren war das Epithel an der vorderen Wand noch mehrschichtig, die Umbiegungsstelle lag noch weit nach hinten. „Alles deutete darauf hin, dass die Faserbildung ganz hinten von den ursprünglich auch da gewesenen Zellen des Hornblattes angefangen hatte.“ Bei dem letzteren fand B e c k e r schon ähnliche Verhältnisse wie beim Neugeborenen. Ausführlicher erörtert B e c k e r die Wachsthumsphänomene nach der Geburt, sowie das Verhalten und die Bedeutung der am Aequator gelegenen Bildungszellen für das Wachsthum der Linse.

Z e r n o f f (Arch. f. Ophthalmol., Bd. XIII.) hält es, obgleich es ihm nicht gelungen ist, Theilung der am Aequator gelegenen Zellen bei Fischlinsen wahrzunehmen, dennoch für wahrscheinlich, dass das Wachsthum der Linse von der Neubildung der Fasern aus dem Epithel der vorderen Kapsel abhängt. Derselbe gründet diese Meinung darauf, dass er bei erwachsenen Thieren die Fasern von geringerer Dicke als bei jungen gefunden hat.

K e s s l e r (l. c.) beschreibt das Verhalten der Linsenfasern beim Hühnchen am Ende des vierten Bebrütungstages und die Umwandlung der an der vorderen Wand gelegenen Zellen zu dem Epithel, das am 8—10ten Tage schon einschichtig sein soll. Ausserdem wird die Entwicklung der beim Hühnchen senkrecht zur Linsenaxe gestellten Linsenfasern ausführlicher geschildert.

W o i n o w (k. k. Ak. d. Wissenschaften. 1869) hat bei der Kaninchenlinse das Wachsthum der Linsenfasern verfolgt, deren Verlauf in den verschiedenen Phasen der Entwicklung erörtert und deren bipolare Anordnung aus der Wachsthumsrichtung zu erklären versucht.

Aus den eben mitgetheilten Literaturangaben geht hervor, dass alle neueren Beobachter die Entstehung der Linsenfasern auf eine Umwandlung der Bildungszellen zurückführen: eine Anschauung, der ich nach dem oben Mitgetheilten nur beitreten kann. Doch möchte ich hier noch einmal betonen, dass in der frühesten Periode nur die an der hinteren Wand gelegenen Bildungszellen zu Fasern werden, und dass die ersten Fasern,

welche innerhalb der Linsenblase entstehen, ihre Entwicklung nur der Umwandlung dieser verdanken. Dass dagegen in späteren Perioden die Anbildung von der Seite die prävalirende ist, wie dies von den meisten neueren Beobachtern angegeben wird, wurde oben ausführlich erörtert; ferner wurde nachgewiesen, dass der beste Maassstab für die Masse der von der Seite angebildeten Fasern das Vorrücken der Umbiegungsstelle und der Kernzone ist. Ob auch noch nach der Geburt und bis zur Pubertät eine Anbildung von Fasern statt hat, darüber kann, glaube ich, in Anbetracht des Verhaltens der Fasern in der Aequatorialzone kein Zweifel bestehen, und ich kann in dieser Beziehung den Angaben Becker's nur beistimmen.

Auch für die Entstehung des Epithels aus den an der vorderen Wand gelegenen Zellen sind oben zahlreiche Beweise beigebracht. Dagegen möchte ich bezüglich dieses Epithels auf eine meines Erachtens nicht begründete Auffassung hinweisen. In sehr vielen Handbüchern der Histologie ist das Verhältniss des Epithels zu den Linsenfasern der Art dargestellt, als ob die Epithelzellen in die Linsenfasern übergingen. Diese Auffassung scheint mir nicht vollkommen gerechtfertigt. Aus der Genese ergibt sich, wie oben nachgewiesen wurde, dass die an der vorderen Wand, oder richtiger gesagt, dass die vor dem Aequator gelegenen Bildungszellen zum Epithel der vorderen Kapsel sich umgestalten, während aus den hinter dem Aequator gelegenen Linsenfasern werden. Von einer Umwandlung der Epithelzellen in Linsenfasern kann somit im strengsten Sinne genommen keine Rede sein. Dies gilt aber nicht allein für die früheren Entwicklungsperioden, sondern auch für die späteren Wachsthumsphänomene. Während die Bildungszellen vor dem Aequator zu Epithelien, die hinter demselben gelegenen zu Linsenfasern werden, bewahren die am Aequator selbst befindlichen Elemente den Charakter von Bildungszellen und von ihnen geht in den späteren Perioden des intrauterinen und den früheren des extrauterinen Lebens die zum Wachsthum der Linse in Beziehung stehende Neubildung von Fasern aus.

Es wurde oben hervorgehoben, dass, während wir zahlreiche Mittheilungen über die erste Linsenanlage besitzen, die auf die weitere Entwicklung und das Wachsthum der Linse sich beziehenden Angaben spärlicher sind. Ich hielt es desswegen für gerechtfertigt, gerade über diese Verhältnisse etwas

ausführlicher zu berichten. Die oben mitgetheilten Beobachtungen dürften aber vielleicht insbesondere desshalb von einigem Werthe sein, weil sie sich auf die Entwicklung der Linse derselben Thierspecies von dem frühesten bis zu den späteren Stadien beziehen, so dass man in den Stand gesetzt ist, von Stufe zu Stufe nicht nur die Umwandlung der Bildungszellen zu Epithelien und Fasern, sondern auch das Wachsthum dieser, sowie den Wechsel im Verlauf derselben in den verschiedenen Entwicklungsphasen zu verfolgen.

Entwicklung der Linsenkapsel.

Nachdem die Ansicht Huschke's, dass aus den eingestülpten Elementen des „äusseren Hautsystemes" die Linsenkapsel entstehe, als irrig sich ergeben hatte, war die Anschauung, dass sie ein Ausscheidungsproduct der Bildungszellen sei, die verbreitetste.

Remak selbst spricht sich über die Entstehungsweise der Linsenkapsel sehr zurückhaltend aus. Derselbe sagt wörtlich S. 91: „Es entsteht die Frage, ob sie (die Linsenkapsel) dem Hornblatt oder den Kopfplatten ihr Entstehen verdankt. Es fehlt mir an entscheidenden unmittelbaren Beobachtungen zur Lösung der Frage. Sollte ich dieselbe nach Analogien beantworten, so würde ich mich für die Entstehung aus den Kopfplatten entscheiden."

Koelliker dagegen (Entwiklungsgesch. S. 297) spricht sich entschieden dafür aus, dass sie nichts als ein Ausscheidungsproduct der die Linse anfänglich zusammensetzenden Zellen und des späteren Epithels der vorderen Linsenkapsel ist, während derselbe die sog. häutige Linsenkapsel aus einer gleichzeitig mit der Linse eingestülpten Cutislage entstehen lässt.

Kessler stellt diese Vorgänge der Einstülpung des mittleren Keimblattes entschieden in Abrede aus Gründen, die später noch erörtert werden sollen. Dagegen betont Lieberkühn, dass die eigentliche Linsenkapsel ein Erzeugniss der Kopfplatten sei und als Grenzschichte zwischen Glaskörper und eigentlicher Linse sich ausbilde. Die Angaben Zernoffs (Centralblatt f. d. med. Wiss. S. 193) stimmen mit denjenigen Lieberkühn's im Wesentlichen überein.

Bei der Darstellung meiner eigenen Befunde muss ich von der oben bereits berichteten Thatsache ausgehen, dass bei dem jüngsten Rindsembryo (von 6 Mm. Länge), den ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, zwischen der vorderen Wand der Augenblase und dem Hornblatt ein ziemlich breiter Streifen eines lichten Gewebes gelegen war, der nach beiden Seiten continuirlich mit dem mittleren Keimblatt in Zusammenhang stand (cf. Taf. I, Fig. 1). Das Hornblatt selbst zeigte an der betreffenden Stelle keine Verdickung. Auch bei einem 7 Mm. langen Embryo war diese kaum bemerkbar (cf. Taf. I, Fig. 2). Dagegen war bei einem 9 Mm. langen Embryo die Linse in Form einer soliden Verdickung des Hornblattes angelegt und die vordere Wand der Augenblase bereits etwas nach innen umgestülpt (cf. Taf. I, Fig. 3). Zwischen beiden Gebilden war auch hier ein schmaler lichter Gewebsstreifen nachweisbar, der nach beiden Seiten in das Gewebe der Kopfplatten überging. Bei einem 12 Mm. langen Embryo war die Linse bereits eingestülpt, hatte sich vom oberen Keimblatt etwas entfernt und wurde nach allen Seiten von einem lichten Gewebe umhüllt, das mit den Kopfplatten in ununterbrochener Verbindung sich befand (cf. Taf. I, Fig. 4). Mit Rücksicht auf die eben geschilderten Verhältnisse ist man wohl berechtigt, dahin sich auszusprechen, dass beim Rindsembryo zwischen dem Hornblatt und der primären Augenblase eine mit dem mittleren Keimblatt in Zusammenhang stehende Gewebsschichte sich befindet, die in demselben Maass, als die Linse nach innen vorrückt, in die Augenblase mit eingestülpt wird. Die vor der Linse nach deren Abschnürung von dem Hornblatt gelegene Gewebsschichte ist gleichfalls ein Theil des mittleren Keimblattes, der in dem Grade als die Linse sich von dem Hornblatt entfernt, zwischen beide sich hereinschiebt, um endlich vor der Linse sich zu vereinigen und auf diese Weise eine zwischen Linse und Hornblatt gelegene continuirliche Masse darzustellen. Die Linse wäre dem Gesagten zufolge in ihrer ganzen Circumferenz von einem Theil des mittleren Keimblattes eingehüllt.

Wie bereits oben erwähnt wurde, hat zuerst Koelliker darauf hingewiesen, dass mit der Linse eine Cutisschichte eingestülpt werde, aus der die gefässhaltige Linsenkapsel sich entwickle. Kessler macht gegen diese Auffassung geltend, dass nicht nur beim Hühnchen, sondern auch beim Hund, Schaf etc. das Hornblatt der vorderen Wand der Augenblase unmittelbar anliege,

dass somit zu einer Einstülpung der Cutislage gar kein Material vorhanden sei. Dagegen ist von Zernoff und Lieberkühn, insbesondere von dem Letzteren, gerade für Säugethiere die Existenz einer Schichte der Kopfplatten zwischen Hornblatt und primärer Augenblase nachgewiesen.

Nach den eben berichteten Beobachtungen muss ich mich den letztgenannten Autoren anschliessen. Es erscheint mir denselben zufolge nicht mehr zweifelhaft, dass in der That nicht nur eine Schichte des mittleren Keimblattes mit der Linse eingestülpt wird, sondern dass sich auch die Fortsätze dieses vor derselben wieder vereinigen und auf diese Weise eine vollständige Umhüllung der Linse bewerkstelligen.

Welche Bedeutung dieser Gewebsschichte zukommt, welche Theile aus derselben ihre Entstehung nehmen, dies wird sich aus der weiteren Darstellung von selbst ergeben; an dieser Stelle soll nur ausgeführt werden, inwiefern diese Vorgänge für die Bildung der eigentlichen Linsenkapsel wichtig sind.

Unmittelbar nach erfolgter Einstülpung und Abschnürung der Linse vom oberen Keimblatt ist dieselbe nach allen Seiten von einem lichten, spärliche Kerne enthaltenden Gewebe eingehüllt, in dem jedoch sehr frühe Gefässe auftreten. So fand ich schon bei circa 12 Mm. langen Embryonen in dem vor der Linse gelegenen Theil dieser Gewebsmasse Gefässe, welche mit dem die hintere Seite der Augenblase umsäumenden Gefässkranz continuirlich zusammenhingen (cf. Taf. I, Fig. 4). Bei 15 Mm. langen Embryonen waren auch in dem hinter der Linse gelegenen Theil der lichten Gewebsmasse bereits einzelne Gefässe nachweisbar.

Während nun bei jüngeren Embryonen (bis zu 12 Mm.) die Linse von der lichten Gewebsmasse unmittelbar umlagert sich zeigt, der Art, dass die gegenseitige Begrenzung beider Gebilde keineswegs durch einen scharfen Contour dargestellt wird, konnte ich zuerst bei 15 Mm. langen Embryonen von der Existenz eines solchen mich überzeugen (cf. Taf. II, Fig. 5). Hatte sich aber die die Linse umhüllende Gewebsmasse zufällig von dieser abgehoben, so konnte man wahrnehmen, dass der Contur mit dem lichten Gewebe abgerückt war und somit lediglich einer Begrenzung dieses gegen die eigentliche Linsensubstanz entsprach. Mit fortschreitendem Wachsthum wird dieser Contour deutlicher und breiter. So konnte ich denselben bei 18—20 Mm. langen

Embryonen schon mit schwachen Vergrösserungen leicht erkennen (cf. Taf. II, Fig. 6).

Bei einem 23 Mm. langen Embryo hatte sich die an der hinteren Linsenfläche gelegene Gewebsschichte von der Linse abgelöst; auch in diesem Fall konnte man sich überzeugen, dass der Grenzcontour der lichten Gewebsmasse nicht der Linse angehört; ausserdem ergab sich aber bei Anwendung stärkerer Vergrösserung, dass die früher einfach contourirte Grenzschichte jetzt doppelte Contouren besass. Mit zunehmender Grösse des Embryo und fortschreitender Vascularisation des die Linse umhüllenden Gewebes wird diese Grenzschichte zwischen Linse und der lichten Gewebsmasse beziehungsweise Glaskörper deutlicher und breiter (cf. Taf. II, Fig. 7, 8 u. Taf. III, Fig. 9); immer ergibt sie sich aber bei Ablösung der Linse vom Glaskörper als ein Bestandtheil des letzteren, da sie ausnahmslos mit ihm in Verbindung bleibt. Erst bei 6 Ctm. langen Embryonen habe ich wahrgenommen, dass diese Grenzschichte ein mehr selbstständiges Gebilde in dem Sinne darstellte, dass deren Trennung von dem angrenzenden Gefässe tragenden Theil der die Linse umhüllenden Gewebsmasse möglich war, und selbst in diesen Fällen gelang die Lösung nur an einzelnen Stellen, besonders leicht am Linsenrand.

Mit Rücksicht auf die eben berichteten Thatsachen kann man sich über die Entwicklung der eigentlichen (gefässlosen) Linsenkapsel nur die Vorstellung machen, dass sie ein Abkömmling des mit der Linse eingestülpten und vor dieser sich wieder vereinigenden Theiles des mittleren Keimblattes ist und dass sie aus diesem die Linse in Form eines Sackes umhüllenden Gewebe durch Differenzirung der der Linse zunächst gelegenen Schichte und Umwandlung dieser zu einer Grenzmembran entsteht: Vorgänge, die insofern keine ungewöhnlichen sind, als wir ja auch an anderen Stellen, an denen Gewebe, welche Abkömmlinge verschiedener Keimblätter sind, sich berühren, solche Grenzmembranen entstehen sehen.

Wir müssen demnach die Linsenkapsel als eine bindegewebige Grenzmembran auffassen, welche hervorgegangen aus dem mittleren Keimblatt als Grenzschichte zwischen Glaskörper und Linse sich ausbildet, ursprünglich mit dem ersteren innig zusammenhängt, einen integerirenden Theil desselben darstellt

und erst später zu einem mehr selbstständigen Gebilde sich gestaltet, das vom Glaskörper sich ablösen lässt.

Dass die Linsenkapsel ein Ausscheidungsproduct der Bildungszellen der Linse sei, dagegen sprechen nicht nur die über die Entwicklung der Linsenkapsel berichteten Thatsachen, sondern auch die über die Metamorphosen der Bildungszellen mitgetheilten Beobachtungen. Es wurde oben betont, dass bei 15—18 Mm. langen Embryonen nur ein einfacher Grenzcontour an der Circumferenz nachweisbar ist, dass aber dieser erst bei viel älteren Früchten zu einer deutlicheren, die Existenz eines mehr selbstständigen Gebildes verrathenden Zeichnung sich gestaltet. Berücksichtigt man, dass bei 15 Mm. langen Embryonen die an der hinteren Wand der Linse befindlichen Bildungszellen bereits zu Fasern sich umzugestalten beginnen, dass sie bei 18 Mm. langen Embryonen in dieser Metamorphose bereits sehr weit vorgeschritten sind, während der Grenzcontour eben erst wahrnehmbar wird, so wird man kaum den Bildungszellen der Linse die Rolle zuschreiben wollen, durch Ausscheidung die Linsenkapsel zu erzeugen. Denn gerade zu der Zeit, in welcher die Linsenkapsel eben erst angebildet wird, sind die Bildungszellen der hinteren Wand bereits zu Linsenfasern umgestaltet und ihnen wird man kaum eine solche Leistung zutrauen dürfen.

Entwicklung der sog. gefässhaltigen Linsenkapsel.

Während wir schon seit langer Zeit wissen, dass die Linse an ihrer vorderen und hinteren Fläche von einem Gefässnetz umsponnen ist, sind unsere Kenntnisse über die Entwicklung dieser Gefässe bis vor Kurzem sehr unvollständige und dem entsprechend unsere Anschauungen über die Beziehung der Gefässnetze zu einander und zu den angrenzenden Theilen, sowie über deren Bedeutung mangelhafte und vorwiegend auf Hypothesen begründete gewesen. Lieberkühn und Zernoff haben erst in neuester Zeit eine Reihe von Thatsachen beigebracht, die meines Erachtens geeignet sind, ein besseres Verständniss der hier in Betracht kommenden Verhältnisse anzubahnen. Vielleicht sind die nachfolgenden Mittheilungen geeignet, unsere Kenntnisse über die Entwicklung und Bedeutung dieser Gebilde etwas zu fördern.

Bezüglich der gefässreichen Schichte an der vorderen Fläche der Linsenkapsel hat zuerst Schoeler (de oculi evulotione, Diss. Dorpat. 1848) die Vermuthung ausgesprochen, dass dieselbe ein Theil der Choroides sei. Koelliker (Entwicklungsgeschichte, S. 296) macht dagegen geltend, dass der hintere Theil der gefässreichen Linsenkapsel, der in keiner Weise auf die Choroides zurückgeführt werden könne, mit dem vorderen eins sei.

Nach Koelliker's Ueberzeugung muss jede Erklärung der Bildung der gefässreichen Linsenkapsel davon ausgehen, dass dieselbe einen die Linse vollständig umhüllenden Sack bildet. Bezüglich der Entwicklung dieses spricht Koelliker die Vermuthung aus, dass die gefässreiche Kapsel der Cutis entspreche, welche bei der Bildung der Linse mit einem Theile der Epidermis

von der Haut sich ablöse und in das Auge gerathe. Koelliker stützt diese Hypothese durch die Beobachtung, dass bei einem menschlichen vierwöchentlichen Embryo die Linse eine besondere äussere Kapsel besitzt.

Kessler (l. c.) spricht sich, wie schon oben erwähnt wurde, mit Entschiedenheit gegen die Annahme Koelliker's aus, weil es ihm niemals gelungen ist, nachzuweisen, dass eine Lage der Cutis mit eingestülpt werde. Derselbe glaubt, dass Koelliker's Befund einer gefässhaltigen Linsenkapsel zu einer frühen Zeit keineswegs zu der Annahme eines solchen Miteingestülptwerdens einer Cutislage nöthige, vielmehr eine andere Deutung zulasse. Die Gefässe auf der Aussenfläche der Linsenkapsel verdanken nach Kessler ihre Entstehung derselben embryonalen Gefässanlage, aus der die Arteria centralis nervi optici und hyaloidea hervorgehen. Diesen Gefässstamm finde man zu der Zeit der noch offenen Linsengrube von der Bauchfläche des Medullarrohres an derselben Fläche des Augenblasenstiels lateralwärts ziehend. In demselben Maasse als die Augenblase durch die Linse median- und dorsalwärts eingestülpt werde, erhebe sich dieses Gefässstämmchen in das Cavum der nach der Bauchseite hin offenen secundären Augenblase, sowie in den peripheren Theil des rinnenförmigen Augenblasenstieles; letzerer Theil des Gefässes werde zu der Arteria centralis nervi optici, ersterer zur Arteria hyaloidea. Von dieser aus entwickle sich rasch an der hinteren Linsenwand ein Gefässnetz, welches an der von der Augenblase nicht umfassten ventralen Linsenparthie auch über den Aequator hinaus auf die vordere Linsenwand Zweige treibe. Die Gefässe an der vorderen Linsenfläche als eine Production der rings um die Augenblase äusserst reich vascularisirten Kopfplatten anzusprechen, empfiehlt sich nach Kessler's Ansicht weniger, weil man sonst eine später erst eintretende Vereinigung der an der vorderen und hinteren Wand gelegenen Gefässbezirke annehmen müsse.

Die neuesten Untersuchungen von Zernoff und Lieberkühn stimmen darin überein, dass in der That, wie dies Koelliker vermuthet hatte, Cutislagen mit eingestülpt werden. Der Letztere hebt hervor, dass das die Linse umhüllende, Gefässe enthaltende Gewebe mit den Kopfplatten sowohl durch die Chorioidealspalte, als an den vorderen Rändern der secundären Augenblase mit der Anlage der Gefässhaut der Choroides zusammenhänge. Die Capsulo-pupillarmembran ist nach Lieberkühn's Anschauung

keine besondere Membran, sondern nur der vordere Theil der gefässhaltigen Glaskörperanlage. Die Verbreitung der Arteria hyaloidea finde an der hinteren und vorderen Linsenkapsel statt und zwar hinten im Bereich des Glaskörpers und vorn im Bereich der Pupillarmembran, die sich von der Linsenkapsel ablöse und das Netzwerk der Arteria hyaloidea enthalte, nebst den Venen, welche das Blut aus diesem zurückführen und später in der Iris liegen.

Aus den in dem vorigen Abschnitt mitgetheilten Beobachtungen geht hervor, dass die Linse schon bei ganz jungen Rindsembryonen (von 12 Mm. Länge) in der ganzen Circumferenz von einer lichten Gewebsschichte eingehüllt wird. Es wurde ferner nachgewiesen, dass dieser häutige Sack vermittelst einer Einstülpung des zwischen Hornblatt und der vorderen Wand der primären Augenblase gelegenen Abschnittes des mittleren Keimblattes und der Vereinigung der Fortsätze des letzteren vor der eingestülpten Linse gebildet wird. Ausserdem wurde betont, dass diese die Linse umhüllenden Gewebsmassen nach den Seiten mit den Kopfplatten in continuirlichem Zusammenhang stehen. Während nun die die Linse umlagernden Gebilde ursprünglich licht sind und nur spärliche Kerne enthalten, erscheinen dieselben später reicher an Kernen und gleichzeitig treten an ihnen Gefässe auf.

Bei 12 Mm. langen Embryonen waren diese Gefässe in dem vor der Linse gelegenen Abschnitt des Sackes schon deutlich wahrnehmbar und bildeten einen Gefässkranz, dessen Zweige mit den an der hinteren Seite des hinteren Blattes der secundären Augenblase gelegenen Gefässen in continuirlichem Zusammenhang standen (cf. Taf. I, Fig. 4). Die hinter der Linse gelegenen Theile des Sackes liessen eine Vascularisation nicht erkennen; dagegen ist es mir gelungen, bei einem 15 Mm. langen Embryo die Anfänge der Gefässentwicklung in diesem und deren Entstehung aus einem an dem hinteren Umfang der secundären Augenblase verlaufenden Gefäss nachzuweisen (cf. Taf. II, Fig. 5). Bemerkenswerth ist, dass in diesem Falle die an der hinteren Wand der Linse gelegenen Gefässe den Linsenrand nicht erreichten. Ein Zusammenhang zwischen den an beiden Linsenflächen gelegenen Gefässausbreitungen war somit zu dieser Zeit noch nicht vorhanden.

Mit fortschreitendem Wachsthum scheint der an der hinteren

Wand gelegene Gefässkranz sich dem Linsenrand immer mehr zu nähern. Bei einem 23 Mm. langen Embryo hatte er denselben bereits erreicht und es war eine Verbindung der an der hinteren und vorderen Wand gelegenen Gefässbezirke in der Art zu Stande gekommen, dass zahlreiche Zweige von der erst genannten Stelle über den Linsenrand sich fortsetzen und in das Gefässnetz an der vorderen Wand übergingen (cf. Taf. II, Fig. 7). Es ist somit in späterer Zeit das an der vorderen und hinteren Wand der Linse gelegene Gefässnetz ein continuirlich zusammenhängendes und die ganze Linse umspinnendes. Die Verbindung der beiden Gefässbezirke wird vermittelt durch die am Linsenrand gelegenen Anastomosen.

Den eben mitgetheilten Beobachtungen zufolge müssten die an der vorderen Linsenwand gelegenen Gefässe als Abkömmlinge der Gefässbahnen der Kopfplatten, welche in Form eines Ringes die secundäre Augenblase umfassen, betrachtet werden, während die an der hinteren Wand der Linse sich verbreitenden Gefässe ihren Ursprung aus der Arteria hyaloidea nehmen. Eine Vereinigung beider Gefässbezirke würde erst später in der Gegend des Linsenrandes erfolgen. Jedenfalls ist die Linse schon in einer verhältnissmässig frühen Zeit (bei 23 Mm. langen Embryonen) (cf. Taf. II, Fig. 7) von einem häutigen Sack eingehüllt, dessen Gefässe an der hinteren und vorderen Wand sich verbreiten und ausserdem am Linsenrand in ausgiebiger Communication stehen. Bemerken will ich noch; dass in diesem häutigen Gebilde proportional der zunehmenden Vascularisation auch die Kerne reichlicher werden.

Nachdem aus diesen Betrachtungen über die Genese der sog. gefässreichen Linsenkapsel sich ergeben hat, dass wir ihre Entstehung auf eine gleichzeitig mit der Linse erfolgende Einstülpung des mittleren Keimblattes und auf eine Vereinigung desselben vor der vom Hornblatt abgeschnürten Linse zurückzuführen, dass wir es somit in derselben mit einem Abkömmling des mittleren Keimblattes zu thun haben, dass ferner die Gefässe dieses theils direct von denjenigen der Kopfplatten, theils aus der Arteria hyaloidea enspringen, wird es sich zunächst darum handeln, die Bedeutung dieser genetischen Thatsachen für die Lehre von der Anordnung der Membrana capsulo-pupillaris und deren Beziehung zu der gefässhaltigen hinteren Linsenkapsel zu erörtern.

Die Gefässe der hinteren Linsenkapsel sind schon von

Ruysh, Albin, Lieberkühn, Walter u. A. ausführlich beschrieben worden. Von der an der vorderen Linsenfläche gelegenen Gefässhaut wurde zuerst der die Pupille verschliessende Abschnitt entdeckt und zwar fast gleichzeitig von Wachendorf und Albin.

Ueber ihre Beziehung zu anderen Augenhäuten und ihre Zusammensetzung wurden die verschiedensten Ansichten geltend gemacht. Einige hielten die Membrana pupillaris für eine selbstständige Membran, Andere für eine Fortsetzung der Wasserhaut oder der Iris, oder der Aderhaut. Fr. Arnold vertrat in seiner Schrift über das Auge die Ansicht, dass die Linsenkapsel an ihrer hinteren und vorderen Wand aus einer gefässreichen äusseren und einer gefässlosen inneren Membran bestehe. Von Hunter und später von J. Müller und Henle wurde eine besondere Membran im Foetusauge beschrieben, welche von dem Pupillarrande der Iris entspringen und sich zwischen der Linsenkapsel und dem Strahlenplättchen in die hintere Wand der Linsenkapsel fortsetzen soll. Von Fr. Arnold (Ammon's Zeitschr. f. Ophthalmol., Bd. III.) wurde dagegen Einsprache erhoben, dass diese Membran von dem Pupillarrand entspringe und sich in die hintere Wand der Linsenkapsel fortsetze. Derselbe erklärte die von Henle als Membrana capsulo-pupillaris beschriebene Haut für einen Theil der Membrana vasculosa capsulae anterior. Die meisten neueren Anatomen haben sich der Auffassung Henle's angeschlossen.

In den oben mitgetheilten Beobachtungen ist meines Erachtens genügendes Material zu der Beantwortung dieser Frage enthalten. Es ist wiederholt hervorgehoben worden, dass der die Linse umgebende Gefässe führende Sack zu gewissen Perioden des Foetallebens ein einheitliches Gebilde darstelle, dessen Gefässe, wenn auch aus verschiedenen Bezirken stammend, am Linsenrand in vielfacher Verbindung stehen, und es wird sich zunächst darum handeln, zu erörtern, auf welche Weise aus diesem die Membrana pupillaris und capsulo-pupillaris einerseits, die gefässhaltige Membran an der hinteren Kapselwand andererseits hervorgehen.

Bei der Bildung der Membrana pupillaris und capsulo-pupillaris ist zu berücksichtigen, dass in einer späteren Zeit die Iris aus dem vorderen Ende der Choroides in Form eines kurzen Fortsatzes hervorwächst und in der Richtung gegen die Axe des Augapfels

vorrückt. In demselben Maasse als sie vor der Linse sich wegschiebt, kommt der zunächst dem Linsenrand gelegene Abschnitt der gefässhaltigen Membran an der vorderen Linsenfläche zwischen diese und die hintere Irisfläche zu liegen. Mit vollendetem Wachsthum der Iris endlich wird der vom inneren Rand der Pupille bis zum Linsenrand sich erstreckende Abschnitt der sog gefässhaltigen vorderen Linsenkapsel hinter der Iris gelegen sein und als sog. Membrana capsulo-pupillaris sich darstellen, während der das Sehloch verschliessende Theil als Membrana pupillaris erscheint. Dass diese noch eine Strecke weit auf die vordere Irisfläche vom Pupillarrand aus sich fortsetzt, erklärt sich aus dem Umstande, dass die Iris beim Vorrücken der Art über die gefässhaltige Gewebsschichte an der vorderen Linsenkapsel sich wegschiebt, dass sie mit ihrem inneren Rande in eine Falte dieser zu liegen kommt.

Bezüglich der gefässhaltigen Schichte an der hinteren Linsenkapsel wurde oben hervorgehoben, dass sie mit der an der vorderen Wand gelegenen zu gewissen Perioden des Fötallebens ein Ganzes darstellt und dass die Gefässe beider in continuirlichem Zusammenhang stehen. In einer späteren Periode ändert sich dieser Sachverhalt. Gleichzeitig mit beginnender Entwicklung der Zonula ciliaris wird die Continuität der häutigen Gebilde an der vorderen und hinteren Wand unterbrochen, weil aus dem am Linsenrand gelegenen Abschnitt desselben die Zonula ciliaris in der später zu erörternden Weise hervorgeht. Eine Anastomose der Gefässe bleibt dagegen noch lange Zeit erhalten, nur scheinen die Verbindungen derselben spärlicher zu sein wie in früheren Perioden.

Dem eben Mitgetheilten zufolge wird aus dem an der vorderen Linsenwand gelegenen Abschnitt des die Linse umhüllenden gefässhaltigen Sackes die Membrana pupillaris und capsulo-pupillaris, und zwar entspricht der im Sehloch gelegene Abschnitt des Sackes der ersteren, der vom Pupillarrand zu dem Rand der Linse sich erstreckende der letzteren Membran. Diese beiden Abschnitte der Membran als getrennte und selbstständige Gebilde aufzufassen, ist vom genetischen Gesichtspunkte aus vollständig unzulässig, da sie ursprünglich ein zusammengehöriges Ganze darstellen und ihre Scheidung in eine Membrana pupillaris und capsulo pupillaris nur eine scheinbare ist. Indem die Iris vor den peripherischen Abschnitten der vorderen häutigen Linsen-

kapsel sich wegschiebt, an ihrem inneren Rand dagegen mit dem im Centrum gelegenen Theil verschmilzt, entsteht der Anschein einer Trennung des einheitlichen Gebildes in einen centralen Abschnitt — die Membrana pupillaris — und in einen peripherischen Theil — die Membrana capsulo-pupillaris. Aus der Entwicklungsgeschichte ergibt sich somit eine Reihe von Thatsachen, die mit der jetzt gangbaren Anschauung über die Bedeutung der Membrana pupillaris und capsulo-pupillaris und deren gegenseitige Beziehung nicht in Einklang zu bringen sind.

Aus dem an der hinteren Wand gelegenen Theil wird die gefässhaltige hintere Linsenkapsel, die in früheren Perioden mit der vorderen ein zusammenhängendes Ganze bildet; nach der Entwicklung der Zonula ciliaris aber ist eine Verbindung und Continuität nur noch zwischen den Gefässen beider Gebilde nachweisbar, weil der am Linsenrand gelegene Theil des die Linse umhüllenden Sackes das Material für die Entwicklung der Zonula abgibt. Man kann somit wohl in früheren Perioden von einem Uebergang der beiden gefässhaltigen Linsenkapseln in einander reden. In der Zeit aber, in welche die Entwicklung der Iris und die scheinbare Scheidung der vorderen gefässhaltigen Linsenkapsel in eine Membrana pupillaris und capsulo-pupillaris fällt, besteht kein continuirlicher Zusammenhang zwischen den beiden Hälften der gefässhaltigen Linsenkapsel mehr, weil sie durch die bereits in der Entwicklung begriffene Zonula ciliaris getrennt sind. Nur zwischen den Gefässen der beiden Gebilde erhält sich noch längere Zeit eine durch Anastomosen dargestellte Continuität, welche übrigens später gleichfalls spärlicher erscheinen, als zu der Zeit des nicht durch die Zonula unterbrochenen Ueberganges beider gefässhaltigen Kapseln in einander.

Entwicklung der Zonula ciliaris.

Ueber die Entwicklung der Zonula ciliaris sind in der Literatur nur vereinzelte Angaben enthalten:

C. O. Weber (Virch. Arch., Bd. XIX., S. 386) lässt die Zonulafasern aus den ehedem im Fötalzustande die tellerförmige Grube auskleidenden Gefässen hervorgehen.

Iwanoff (Stricker's Histolog., Bd. II., Capit. XXXVI., S. 1075) hebt hervor, dass bezüglich der Entwicklung der Zonula nur so viel bekannt sei, dass dieselbe bei Embryonen nicht bestehe, so lange die die Kapsel umgebenden Gefässe vorhanden seien. Die Zonula bilde sich erst in der Zeit, in welcher die Kapselgefässe sich zurückbilden; mit der Atrophie dieser werde sie immer deutlicher.

Ausführlichere Mittheilungen verdanken wir Lieberkühn (l. c., S. 43). Derselbe betont vor allem, dass die Zonula bei Augen, die noch nicht die Hälfte der Grösse derer des neugeborenen Thieres erreichen, in ihrer definitiven Gestalt zu erkennen sei. Lieberkühn erwähnt, dass man bei solchen Augen den Rand der Linsenkapsel rings von Gefässen umgeben finde, welche von der hinteren auf die vordere Fläche übertreten. An den Stellen, wo die Processus ciliares nebst der Pars ciliaris retinae vollständig entfernt worden seien, finde man in den Meridianen Büschel feiner Fasern, welche den Thälern zwischen den Ciliarfortsätzen entsprechen und diese ausfüllen. Im Inneren des gestreiften Gewebes liegen zahlreiche Zellkörper von dem Aussehen der Zellen des embryonalen Glaskörpers. In Anbetracht dieser eben erwähnten morphologischen Eigenschaften erscheint es Lieberkühn nicht zweifelhaft, dass wir es in diesem Ge-

bilde mit der Zonula zu thun haben. Gegen die Angabe Weber's, dass die Zonulafasern aus Gefässen entstehen, spricht sich Lieberkühn entschieden aus.

Nach meinen eigenen Erfahrungen fällt die erste Anlage der Zonula in eine ziemlich frühe Periode. Bei Embryonen bis zu 6 Ctm. Länge habe ich allerdings niemals eine Andeutung derselben wahrnehmen können. Die Linse ist zu dieser Zeit von einem häutigen Sack umhüllt, dessen Gefässe an der vorderen und hinteren Wand der Linse sich verzweigen und am Linsenrand in vielfacher Anastomose stehen. Die Verbindung des am Linsenrand gelegenen Gewebes mit dem an dieser Stelle befindlichen vorderen Rand der Augenblase ist eine wenig innige und leicht lösliche, der Art, dass oft schon beim Schneiden beide Gebilde sich von einander entfernen. Dagegen hängt das die Linse umhüllende Gewebe innig mit dem nach aussen und vorn von dem vorderen Rand der Augenblase gelegenen Abschnitt der Kopfplatten zusammen. Auch zwischen den Gefässen beider Theile besteht eine Verbindung. Uebt man auf diese Gebilde einen Zug aus, so löst sich das die Linse umhüllende gefässhaltige Gewebe nebst der gegen die Linsensubstanz gelegenen Grenzmembran im Zusammenhang mit dem vordersten vascularisirten Abschnitt der Kopfplatten ab, während der vordere Rand der Augenblase liegen bleibt, so dass über das Continuitätsverhältniss der erst genannten Theile einerseits, das Contiguitätsverhältniss dieser zu dem vorderen Ende der Augenblase andererseits kein Zweifel bestehen kann. Es macht den Eindruck, als hätte sich dieses zwischen den ersteren vorgeschoben (cf. Taf. III, Fig. 12).

Dieses eben erörterte Verhältniss wird nun bei älteren Embryonen (von circa 7 Ctm. Länge) wesentlich insofern alterirt, als zunächst am Linsenrand eine Verschmelzung zwischen dem vorderen Rand der Augenblase und dem gefässhaltigen Gewebe, welches die Linse umhüllt, eintritt: eine Erscheinung, die sich später in der Richtung nach hinten fortsetzt.

Im Allgemeinen scheinen diese eben geschilderten Veränderungen in der gegenseitigen Beziehung der genannten Theile mit der beginnenden Anbildung des Corpus ciliare der Zeit nach zusammenzufallen. Untersucht man nämlich Embryonen von dem bezeichneten Alter, so findet man an meridional durch das Auge geführten Schnitten das vorderste Ende der Kopfplatten gegen

den Linsenrand vorgeschoben und mit dem daselbst gelegenen gefässhaltigen Gewebe aufs innigste zusammenhängend. An der hinteren Seite dieses Fortsatzes der Kopfplatten ist eine ziemlich dicke Pigmentlage vorhanden, die allmählich sich verjüngend in die Pigmentschichte der secundären Augenblase übergeht. Darauf folgt das vordere Ende dieser selbst. Die beiden letztgenannten Gebilde haben aber keine ganz parallelen Contouren, vielmehr springen sie etwas gegen den Linsenrand vor. Zwischen diesem und dem vorderen Ende der Augenblase ist ein lichtes Gebilde ausgespannt, das nach hinten ohne scharfe Begrenzung in die lichte die Linse umhüllende Gewebsmasse übergeht.

Besonders deutlich ist diese erste Anlage der Zonula in jenen Fällen wahrnehmbar, in denen das zwischen Linse und Augenblase gelegene Gewebe von dieser sich abgelöst hat. An solchen Präparaten kann man sich klar überzeugen, dass nur an dem Linsenrand die Verbindung zwischen den genannten Theilen eine innigere ist (cf. Taf. III, Fig. 11).

Bemerken will ich noch, dass es mir immer schien, als wären gleichzeitig mit der eingeleiteten Verschmelzung der die Linse umhüllenden Gewebsmasse mit dem vorderen Ende der Augenblase, mit anderen Worten gleichzeitig mit der beginnenden Anbildung der Zonula, die Anastomosen zwischen den Gefässen an der vorderen und hinteren Wand der Linse spärlicher geworden. Bei der Anwendung stärkerer Vergrösserung sah man in der Zonulaanlage nicht nur eine feine Faltung, sondern auch eine feine Faserung. Im Uebrigen erschien dieselbe als ein solides Gebilde, das, von den eben erwähnten Eigenheiten abgesehen, denselben Bau besass, wie die hinter der Linse gelegene Gewebsmasse.

Aus dem eben Mitgetheilten würde sich ergeben, dass die Zonula in einer verhältnissmässig frühen Periode angelegt wird, jedenfalls zu einer Zeit, wo die Linse noch in ihrer Circumferenz von einem gefässhaltigen Gewebe umgeben ist, dass ihre Bildung eingeleitet wird durch eine Verschmelzung des am Linsenrand gelegenen Abschnittes dieses Gewebes mit dem vorderen Ende der Augenblase und dass dieselbe zusammenfällt mit der beginnenden Entwicklung des Corpus ciliare. Ferner wäre hervorzuheben, dass die Zonula als ein Bestandtheil des die Linse

umhüllenden Gewebes ursprünglich dieselbe Structur besitzt wie dieses und erst später gewisse Differenzirungen erfährt.

Diese aus der Entwicklungsgeschichte der Zonula ciliaris sich ergebenden Thatsachen sind von der grössten Bedeutung für die Lehre von der Structur und die ganze Auffassung der Beziehung der Zonula zu den benachbarten Theilen.

Wie bekannt, haben unsere Vorgänger schon im vorigen Jahrhundert einen lebhaften Streit darüber geführt, ob die Zonula als ein vollständig selbstständiges Gebilde, ob sie als ein Theil der Retina oder des Glaskörpers oder als ein Verschmelzungsproduct beider zu betrachten sei.

In der neueren Zeit hatte man sich im Wesentlichen dahin geeinigt, dass die Zonula einen Theil der Membrana hyaloidea corporis vitrei darstelle, die vor der Ora serrata in zwei Lamellen sich theile, von denen die eine zur vorderen, die andere zu der hinteren Linsenkapsel sich begebe. Soweit die Zonula die hintere Fläche des Corpus ciliare bekleidet, nahm man an, dass sie an ihrer vorderen Fläche mit der Pars ciliaris retinae verschmolzen sei.

Henle, der von der Existenz einer besonderen Membrana hyaloidea corporis vitrei sich nicht überzeugen konnte, bezeichnet die Grenzmembran zwischen Retina und Glaskörper als Membrana limitans hyaloidea, fasst diese als einen wesentlichen Bestandtheil der Retina auf und betrachtet dem entsprechend die Zonula ciliaris als einen Theil der zur Retina gehörigen Grenzmembran: eine Anschauung, der Merkel im wesentlichen beigetreten ist.

Iwanoff erkennt gleichfalls nur eine Grenzmembran zwischen Glaskörper und Retina an, betrachtet dieselbe gleichfalls als einen Bestandtheil der Retina, die Zonula dagegen als einen solchen des Glaskörpers.

Lieberkühn endlich weicht von Iwanoff insofern in seiner Auffassung ab, als er nicht nur die Zonula ciliaris, sondern auch die Membrana limitans hyaloidea als zum Glaskörper gehörige Gebilde bezeichnet, während er mit Henle, Merkel und Iwanoff darin übereinstimmt, dass nur eine Grenzmembran zwischen Glaskörper und Retina vorhanden sei.

Es ist nicht meine Absicht, an dieser Stelle auf die Erörterung der Streitfrage einzugehen; nur den Umstand glaube ich betonen zu müssen, dass nach den aus der Entwicklungsgeschichte der Zonula sich ergebenden Erfahrungen diese unzweifelhaft als ein

modificirter Theil des Glaskörpers aufgefasst werden muss. Dieselbe entsteht wie dieser aus dem die Linse umhüllenden Gewebe und zwar aus dem am Linsenrand gelegenen Abschnitt, der ursprünglich dieselben Structurverhältnisse darbietet, wie der an der hinteren Linsenfläche gelegene Theil. Eine Beziehung der Zonula ciliaris zu der Retina in dem Sinne, dass sie als ein Bestandtheil dieser aufzufassen wäre, muss mehr als zweifelhaft erscheinen. wenn man berücksichtigt, dass beide Gebilde ursprünglich nur in einem Contiguitätsverhältniss stehen und erst später inniger mit einander verschmelzen, wenn man ferner bedenkt, dass die Zonula ein Abkömmling des mittleren Keimblattes, die Retina ein Bestandtheil der Augenblase ist. Allein nicht nur über die Beziehung der Zonula zu den benachbarten Gebilden erhalten wir aus der Entwicklungsgeschichte belehrende Aufschlüsse, sondern auch über deren eigenartiges morphologisches Verhalten.

Man hat früher die Zonula ciliaris als ein mehr membranöses aus zwei Platten bestehendes Gebilde betrachtet, von denen die eine die eigentliche Zonula darstellend zu der vorderen Linsenkapsel verlaufen sollte, um mit dieser zu verschmelzen, während die andere angeblich als Membrana hyaloidea corporis vitrei die tellerförmige Grube auskleide. Durch die neueren Untersuchungen ist aber nachgewiesen worden, dass dieselben Fasern, welche die sogenannte vordere Platte der Zonula zusammensetzen, auch in der hinteren Platte, sowie in grosser Zahl in dem zwischen beiden Platten eingeschlossenen Raum getroffen werden und dass die Bildung einer eigentlichen Membran an der vorderen Seite im Wesentlichen nur dadurch zu Stande komme, dass in dieser Richtung die lichte Substanz zwischen den Fasern etwas an Masse zunehme.

Auch über diese eigenthümliche Anordnung der Formelemente ist meines Erachtens die Genese derselben im Stande, uns einigen Aufschluss zu verschaffen. Aus den oben mitgetheilten Beobachtungen geht hervor, dass die Linse nach vollendeter Abschnürung von dem Hornblatt in ihrer ganzen Circumferenz von einem Gewebe eingehüllt ist, das von dem mittleren Keimblatt abstammt. Dasselbe besitzt ursprünglich an allen Stellen die gleichen morphologischen Eigenschaften, später treten aber in ihm verschiedene Differenzirungen auf. Zunächst der Linsensubstanz entsteht eine homogene Grenzmembran, die eigentliche Linsen-

kapsel. In den angrenzenden Schichten kommt es zur Vascularisation, welche zu der Bildung der die Linse umhüllenden Gefässe tragenden Gewebsparthie führt. Aus ihr entwickeln sich an der vorderen Linsenfläche die Membrana pupillaris und capsulo-pupillaris, an der hinteren Fläche die gefässhaltige hintere Linsenkapsel. Aus dem hinter der Linse gelegenen Theil wird ferner, wie in dem nächsten Abschnitt nachgewiesen werden soll, der Glaskörper, aus dem am Linsenrand gelegenen die Zonula ciliaris. Berücksichtigt man, dass alle die genannten Theile aus ein und derselben Gewebsanlage hervorgehen, so wird man nicht nur ihre gegenseitige Beziehung, sondern auch ihre ganze Anordnung leichter verstehen. Insbesondere wird aber das Verhalten der Zonula ciliaris zum Glaskörper einerseits, zu der Linse andererseits mit Zugrundelegung dieser genetischen Verhältnisse eher erklärlich.

In dieser Beziehung muss man zunächst berücksichtigen, dass die Zonula als solides Gebilde angelegt wird und dass eine Trennung in Lamellen und einzelne Faserbündel, insofern man überhaupt berechtigt ist, von einer solchen zu sprechen, erst später durch weitere Differenzirung, welche sich wahrscheinlich als eine Erweichung der zwischen den Faserbündeln gelegenen Intercellularsubstanz charakterisiren lässt, zu Stande kommt. Auf diese Weise wird aus dem früher soliden Gewebe ein Gebilde, das in seinen mittleren Abschnitten aus einem Complex von lose zusammenhängenden Faserbündeln besteht, während es nach vorn und hinten durch dichter gefügte membranöse Parthieen sich abgrenzt. Das Auslaufen der Zonulafasern in den Glaskörper, ihre Beziehung zu der vorderen und hinteren Linsenkapsel, sowie die Structurverhältnisse derselben bedürfen wohl keiner weiteren Erörterungen. Alle diese Verhältnisse erklären sich aus der Thatsache, dass die Zonula als ein Theil des die Linse umhüllenden Gewebes angelegt wird, dass dieselbe mit dem Glaskörper ein und dieselbe Abstammung hat.

Entwicklung der Membrana hyaloidea.

Seitdem Schoeler nachgewiesen hat, dass durch die Chorioidealspalte Cutisgewebe eingestülpt wird, führt man die Entstehung des Glaskörpers ziemlich allgemein im Wesentlichen auf diesen Vorgang zurück. Von dieser gangbaren Auffassung weicht Lieberkühn insofern ab, als er die Bildung des Glaskörpers in viel frühere Perioden verlegt und dieselbe mit dem gleichzeitig mit der Linse von vorn her eingestülpten Gewebe der Kopfplatten in Verbindung bringt, ohne die Betheiligung einer Einstülpung von Cutisgewebe durch die Chorioidealspalte bei der Entstehung vollständig in Abrede zu stellen.

Den oben berichteten Beobachtungen zufolge kann kein Zweifel darüber bestehen, dass beim Rind gleichzeitig mit der Linse eine Schichte des Gewebes der Kopfplatten mit eingestülpt wird, die vor der von dem Hornblatt abgeschnürten Linse sich wieder vereinigt und auf diese Weise einen die Linse in der ganzen Circumferenz umhüllenden Sack bildet. Oben ist nachgewiesen worden, auf welche Weise aus dieser Gewebsmasse die eigentliche Linsenkapsel, die sogenannte gefässhaltige Linsenkapsel und die Zonula ciliaris werden. An dieser Stelle wäre nur noch nachzutragen, welche Rolle dieselbe bei der Entwicklung der Membrana hyaloidea spielt.

Bei Embryonen von 12 Mm. Länge ist an der hinteren Fläche der Linse ein nur schmaler Streifen eines lichten Gewebes gelegen, das nach vorn und den Seiten mit dem vor der Linse befindlichen Abschnitt continuirlich zusammenhängt (cf. Taf. I, Fig. 4). Die Grenze gegen die vordere Lamelle der Augenblase ist zwar eine deutliche, sie wird aber nicht durch einen scharfen

Contour bewerkstelligt. Schon bei 15 und 18 Mm. langen Embryonen ist die hinter der Linse gelegene Gewebsschichte eine etwas ausgiebigere, ihre Begrenzung ist deutlicher und schärfer (cf. Taf. II, Fig. 5 u. 6). Löst sich dieselbe von der Augenblase ab, was sehr häufig sich ereignet, so ist zwar eine doppeltcontourirte Grenzmembran nicht vorhanden, aber die Contourirung ist, wenn auch nur einfach, so doch leicht wahrnèhmbar. Eine innigere organische Verbindung zwischen dem Gewebe der vorderen Wand der Augenblase und der lichten Gewebsmasse scheint nicht zu bestehen; es würde sich sonst kaum die Ablösung so häufig vollziehen; überdies konnte ich niemals nachweisen, dass bei dieser Theile der ersteren an der letzteren haften geblieben wären, wie dies in Fällen einer bestehenden festeren Verbindung doch wohl der Fall sein müsste.

Gleichzeitig mit der Massenzunahme des Gewebes erfolgen auch Veränderungen in der Structur. Während dasselbe früher nur spärliche Kerne enthielt, kann man bei 18 Mm. langen Embryonen schon zahlreichere rundliche kernhaltige Körper nachweisen. Ausserdem treten die Phänomene der in einem früheren Abschnitt bereits beschriebenen Vascularisation ein.

Bei 20—30 Mm. (cf. Taf. II, Fig. 7 u. 8) langen Embryonen ist das hinter der Linse gelegene Gewebe noch entwickelter und die eben erörterten Erscheinungen sind noch mehr ausgebildet; insbesondere wird die Contourirung gegen die Augenblase immer deutlicher. Dagegen ist die Beziehung beider Theile keineswegs geändert; auch jetzt gelingt die Isolirung beider noch sehr leicht.

Im Wesentlichen dieselben Befunde ergeben sich bei der Untersuchung 50 Mm. langer Embryonen; nur ist bei ihnen bereits eine deutliche, wenn auch sehr feine Grenzmembran vorhanden. Dieselbe ist noch viel ausgebildeter bei 60—70 Mm. langen Früchten (cf. Taf. III, Fig. 10). Die Beziehung der Grenzmembran zu der Augenblase ist aber bei ihnen insofern eine andere als die Isolirung beider von einander nicht mehr so häufig und so leicht sich vollzieht, wie bei jüngeren Embryonen. Entsprechend dem Linsenrand ist die Verbindung geradezu eine ziemlich innige; an den anderen Stellen ist eine Trennung beider zwar noch immer leicht zu bewerkstelligen; es bleiben aber sehr häufig die angrenzenden Gewebstheile der vorderen Lamelle der Augenblase an der Grenzmembran des Glaskörpers sitzen.

Dieses gegenseitige Verhältniss wird auch in späteren Perioden nicht wesentlich alterirt. Auch bei 12 Ctm. langen Embryonen gelang es fast immer den Glaskörper nebst Grenzmembran von der Retina bis zum Linsenrand abzulösen, an welcher Stelle ausnahmslos eine feste Verbindung bestand. Die Membrana hyaloidea selbst ist bei Thieren von der genannten Länge immer schon gut entwickelt.

Bei der Bildung des Glaskörpers spielt unseren Beobachtungen zufolge die gleichzeitig mit der Linse erfolgte Einstülpung des zwischen Hornblatt und vorderer Wand der primären Augenbläse gelegenen Fortsatzes des mittleren Keimblattes eine wichtige Rolle. In wiefern die von unten her erfolgende Einstülpung der Cutis bei der Glaskörperbildung noch mit in Betracht kommt, lässt sich der Zeit noch nicht genau bestimmen. Die Membrana hyaloidea entsteht als Grenzmembran des Glaskörpers gegen die Retina aus dieser miteingestülpten Lage der Kopfplatten. Eine Verschmelzung derselben mit der Retina erfolgt erst in späterer Zeit und zwar zunächst in der Gegend des Linsenrandes.

In dem vorigen Abschnitt wurde erwähnt, dass sehr viele Anatomen zwischen Retina und Glaskörper nur eine Grenzmembran annehmen, und dass Mehrere die Membrana hyaloidea nicht dem Glaskörper, sondern der Retina zutheilen und dieselbe als Membrana limitans hyaloidea bezeichnen. Berücksichtigt man die aus der Entwicklungsgeschichte sich ergebende Thatsache, dass die Membrana hyaloidea aus dem mit der Linse eingestülpten Abschnitt der Kopfplatten als eine dem Glaskörper zugehörige Grenzmembran sich entwickelt, welche erst später mit der Retina verschmilzt, so wird die Auffassung, der zufolge die Membrana hyaloidea ein Bestandtheil der Retina sein soll, als unzulässig erscheinen.

Entwicklung der Sclera und Cornea.

Die ersten auf die Entwicklung dieser Gebilde sich beziehenden Angaben finden sich bei Remak. Derselbe erwähnt (l. c., S. 35), dass beim Hühnchen am fünften Tage die Chorioidea von einer dünnen Schichte einer farblosen durchsichtigen Substanz bedeckt sei. Dieselbe entspreche der Sclera, welche sich während der folgenden Periode zu einer selbstständigen Membran verdicke. Die Cornea erklärt Remak für eine spätere Bildung, welche durch Verschmelzung des vorderen Endes der Sclera mit dem Hornblatt entstehe.

Koelliker ist der Ansicht, dass Sclera und Cornea bei der ersten Entwicklung des Auges nicht angelegt sind, dass dieselben vielmehr erst später durch eine Differenzirung aus den benachbarten Theilen der Kopfplatten sich bilden. Ob die Faserhaut des Auges gleich als geschlossene Blase erscheine, oder ursprünglich eine Spalte an der unteren inneren Seite und vorn ein Loch, entsprechend der Linse, besitze, lässt Koelliker unentschieden. Jedenfalls bilde die Faserhaut sehr früh schon eine vollkommen geschlossene Blase und sei in der Mitte des zweiten Monats bei menschlichen Embryonen deutlich und bestimmt zu erkennen, während der vier Wochen alte Embryo noch keine Spur von ihr zeige. Während noch in der ersten Hälfte des dritten Monats der vordere und hintere Abschnitt der Faserhaut gleich beschaffen seien, soll der erstere am Ende des dritten Monats und im vierten Monat allmählich durchsichtig und somit zur Cornea werden.

Babuchin (l. c., S. 83) hebt hervor, dass schon bei 3tägigen Hühnerembryonen die secundäre Augenblase mit einem

grossen Haufen sternförmiger, spindelförmiger und runder Zellen umgeben ist, deren Gesammtmasse den Augentheil der Kopfplatte darstelle. Der mehr entwickelte hintere Abschnitt der letzteren bestehe vorzüglich aus sternförmigen und spindelförmigen Zellen, welche nach vorn allmählich in runde übergehen sollen, wobei die Kopfplatten immer dünner werden und unmittelbar in eine zarte, mit wenigen Kernen versehene Membran sich umwandeln, welche die Pupillaröffnung überziehe — die künftige Cornea.

Ritter schildert bei einem zehnwöchentlichen Embryo die Cornea als ein vollkommen lichtes Gebilde, das nur wenige Kerne enthalte. Das vordere Epithel und die zu demselben gehörige Bowmann'sche Membran sollen fehlen, die Descemet'sche Haut dagegen vorhanden und durch die Andeutung einer doppelten Contourirung kenntlich sein.

Hensen (Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. II, S. 420) fand, dass die Cornea unmittelbar nach der Linseneinstülpung äusserst dünn sei und nur eine Basalmembran des Epithels darstelle, während die Sclera als Fortsetzung der Muskelsehnen sich bereits dunkel abgrenze Es liege, so lange die Linse noch hohl sei, zwischen dieser und der Cornea nach vorn von der Membrana pupillaris ein Gallertgewebe genau von derselben Structur, wie das des Glaskörpers in diesem Stadium, während zu keiner Zeit etwas ähnliches an Sclera und Chorioidea sich finde. Dieses Gewebe gehe dann sehr bald in der Bildung der Cornea auf, welche vom Rand her sich verdicke.

Nach den Beobachtuugen Schenk's kann man bei Augen von Fischen zu einer gewissen Zeit an der Cornea drei Schichten unterscheiden, von denen die beiden äusseren dem oberen Keimblatt angehören, während die innerste Schichte eine Fortsetzung der die Augenblase umgebenden Gebilde des mittleren Keimblattes darstellt.

Sehr ausführliche Mittheilungen über die Entwicklung der Hornhaut finden sich bei Kessler (l. c., S. 14 etc.). Derselbe schildert die erste Anlage der Hornhaut als aus einer lichten Substanz bestehend, in der einzelne Kerne eingebettet liegen. In einem folgenden Stadium fehlen diese Kerne und eine vollständig lichte Masse fülle den Raum zwischen dem Hornblatt und der vorderen Linsenfläche vollständig aus, welche Kessler als die Anlage der Grundsubstanz der Cornea propria auffasst. Die Entstehung der Corneakörperchen wird von Kessler auf

eine Einwanderung von Zellen in die structurlose Substanz zurückgeführt und zwar soll diese Einwanderung nur in die mittleren Schichten dieser erfolgen, die dem Hornblatt und dem hinteren Epithel angrenzenden Zonen dagegen sollen zellenlos bleiben und zu den Grenzmembranen der Hornhaut sich gestalten. Während die Bildung des vorderen Epithels auf eine Umwandlung der Zellen des oberen Keimblattes zurückgeführt wird, soll das hintere Epithel in der Weise sich entwickeln, dass von der Umbiegungsstelle der Augenblasenlamellen aus eine einfache Zellenschichte an der hinteren Fläche der Hornhaut von beiden Seiten gegen die Mitte vorrücke, um am sechsten Tage daselbst zusammen zu treffen.

Lieberkühn (l. c., S. 24) tritt der Behauptung Kessler's, dass die Anlage der Cornea nur aus Grundsubstanz bestehe, entgegen und weist nach, dass in derselben jeder Zeit Kerne eingebettet sind, die später an Zahl zunehmen und von einer breiteren Protoplasmazone umgeben werden.

Bei der Darstellung meiner eigenen Befunde muss ich ausgehen von dem Verhalten des oberen und mittleren Keimblattes in den frühesten Perioden. Es wurde in den vorstehenden Abschnitten nachgewiesen, dass bei 6—7 Mm. langen Embryonen, bei denen eine Anbildung der Linse noch nicht begonnen hat, zwischen dem oberen Keimblatt und der vorderen Wand der primären Augenblase ein schmaler Streifen eines lichten Gewebes sich findet, das nach beiden Seiten mit dem Gewebe der Kopfplatten continuirlich zusammenhängt. Ferner wurde hervorgehoben, dass diese lichte Gewebsschichte mit der vom Hornblatt aus sich einstülpenden Linse in den becherförmigen Raum der secundären Augenblase eintritt und zwischen die Linse und die vordere Lamelle der Augenblase zu liegen kommt. Der Zusammenhang dieser Schichte mit den Kopfplatten geht bei diesem Vorgang, wie oben dargethan wurde, nicht verloren; vielmehr besteht eine Verbindung zwischen den genannten Theilen an der Uebergangsstelle der beiden Lamellen der secundären Augenblase in einander. Endlich wurde betont, dass die Kopfplatten in demselben Maasse, als die Linse vom Hornblatt sich entfernt, zwischen beiden Gebilden sich vorschieben, um endlich mit einander vor der Linse sich zu vereinigen, und auf diese Weise einen die Linse in der ganzen Circumferenz umhüllenden Sack darzustellen.

Aus dem hinter der Linse gelegenen Abschnitt dieses Ge-

bildes wird, wie oben ausgeführt wurde, Glaskörper und der hintere Theil der gefässhaltigen und eigentlichen Linsenkapsel.

An dem vor der Linse befindlichen Abschnitt vollzieht sich bald eine Sonderung in einen inneren gefässhaltigen Theil und äusseren gefässlosen Theil. Der erstere gestaltet sich zur Membrana pupillaris und capsulo-pupillaris, an deren inneren Seite durch Differenzirung die vordere eigentliche Linsenkapsel entsteht; aus dem letzteren wird durch eine Reihe von weiteren Metamorphosen, deren Schilderung uns in den folgenden Zeilen obliegt, die Hornhaut, ausgenommen das Epithel derselben, das ein Abkömmling des oberen Keimblattes ist. Nach den Seiten und nach hinten hängt die unter dem Hornblatt gelegene Gewebsschichte mit den Kopfplatten zusammen, aus deren die secundäre Augenblase umgebenden Theilen durch weitere Differenzirung Choroides und Sclera werden.

Die in den vorstehenden Zeilen über die erste Anlage der Hornhaut und Sclera skizzirte Anschauung ist das Resultat der Untersuchung von Embryonen von 12—20 Mm. Länge. Bei 12 Mm. langen Embryonen (cf. Taf. I, Fig. 4) fand ich die Linse bereits eingestülpt und etwas von dem oberen Keimblatt abgerückt, zwischen beiden Gebilden eine schmale Schichte eines lichten Gewebes, das an den Seiten der Linse mit dem hinter dieser gelegenen Gewebe zusammenhing, ausserdem mit den Kopfplatten in Verbindung stand. Ausser spärlichen Körnchen lagen in dieser Gewebsschichte Gefässe eingebettet, welche einen Theil eines Gefässkranzes darstellten, der die secundäre Augenblase in ihrer ganzen Circumferenz umgab.

Bei 15 Mm. (cf. Taf. II, Fig. 5) langen Embryonen ergab sich im Wesentlichen derselbe Befund, nur wurde hier bereits eine Scheidung der unter dem Hornblatt gelegenen Gewebsschichte bemerkbar in eine äussere kernreichere und gefässlose und eine innere gefässhaltige kernarme Lage: eine Trennung, die allerdings erst bei 18 Mm. langen Embryonen (cf. Taf. II, Fig. 6) deutlicher hervortrat. Gleichzeitig wird die äussere unmittelbar unter dem Hornblatt gelegene Schichte kernreicher. In demselben Zustand trifft man diese auch noch bei älteren Embryonen; nur nimmt deren Gehalt an Kernen und ihre ganze Breite immer mehr zu, während gleichzeitig die Scheidung gegen die innere vor der Linse gelegene gefässhaltige Schichte immer wahrnehmbarer wird. Ausserdem findet man aber bei 20—23 Mm.

langen Embryonen den Beginn einer Differenzirung in demjenigen Theil der Kopfplatten, welcher die secundäre Augenblase umgibt, und zwar erfolgt auch hier eine Trennung in eine der Augenblase zunächst liegende sehr gefässreiche Schichte und eine an diese sich anschliessende gefässlose, deren Scheidung gegen das übrige Gewebe der Kopfplatten bei 20 Mm. langen Embryonen aber erst kenntlich wird.

Diese eben beschriebene Metamorphose des vor der Linse gelegenen und die ganze secundäre Augenblase umhüllenden Theiles der Kopfplatten macht aber gerade in dieser Periode beträchtliche Fortschritte. Denn schon bei 30 Mm. langen Embryonen (cf. Taf. II, Fig. 8) ist seine Erscheinung eine ganz veränderte. Unter dem Hornblatt findet sich eine breite Schichte eines an Zellen reichen Gewebes, an dem sogar bereits eine leicht faserige Structur kenntlich wird. Die Scheidung desselben gegen die vor der Linse befindliche gefässhaltige Gewebslage ist in der Art vollendet, dass diese zu einer gefässhaltigen Membran umgestaltet ist, welche die vordere Fläche der Linse überzieht, mit der hinteren Fläche der Hornhaut dagegen nur in loser Verbindung steht. Gleichzeitig mit dieser fortschreitenden Trennung beider Gewebslagen wird auch das Epithel an der hinteren Hornhautfläche als eine einfache Lage feiner Plättchen kenntlich. Nach hinten geht die unter dem Hornblatt gelegene Schichte in eine Lage dichter gefügten Gewebes über, das bei Embryonen von diesem Alter gegen die Kopfplatten durch seine etwas dichtere Fügung deutlich sich abgrenzt. Die weiteren Veränderungen der Hornhaut beziehen sich im Wesentlichen auf gewisse Umwandlungen im Bau, die später eine kurze Erwähnung finden sollen.

Die eben berichteten Thatsachen sind meines Erachtens geeignet, uns eine klare Anschauung über die Genese der Cornea und Sclera zu verschaffen. Die primäre Augenblase ist in ihrer ganzen Circumferenz von dem Gewebe der Kopfplatten umgeben, deren zwischen Hornblatt und vorderer Wand der Augenblase gelegene Schichte sehr schmal ist. Auch die secundäre Augenblase und die in sie eingestülpte Linse werden nach allen Richtungen von dem mittleren Keimblatt umhüllt. Dieses Verhältniss zwischen den genannten Theilen wird dadurch ermöglicht, dass die zwischen Hornblatt und vorderer Wand der primären Augenblase befindliche Lage des mittleren Keimblattes gleich-

zeitig mit der Linse in diese eingestülpt wird, während die Kopfplatten zwischen der Linse und dem Hornblatt sich vorschieben, um sich gleichzeitig mit der Entfernung der ersteren von dem letzteren wieder zu vereinigen und auf diese Weise eine zwischen Linse und Hornblatt gelegene continuirliche Gewebsschichte herzustellen. Aus dieser Umhüllung der secundären Augenblase, welche ein Abkömmling des mittleren Keimblattes ist, wird in den vorderen Abschnitten die Hornhaut, die Membrana capsulo-pupillaris und pupillaris, sowie die eigentliche Linsenkapsel. Die Scheidung der genannten Theile wird dadurch vermittelt, dass an dieser Stelle eine Trennung in eine gefässärmere äussere und eine gefässreiche innere Schichte sich vollzieht, deren erstere zur Cornea sich umwandelt. Eine ganz ähnliche Scheidung kommt auch an dem hinteren Abschnitt der Umhüllung zu Stande; die gefässarme Lage wird hier zur Sclera.

Dem Gesagten zufolge ist sowohl die primäre als die secundäre Augenblase (wenigstens nach vollendeter Einstülpung der Linse) mit einer Umhüllung des mittleren Keimblattes jeder Zeit versehen. Selbst zu der Zeit der Einstülpung der Linse ist eine eigentliche Unterbrechung dieser Umhüllung nicht vorhanden, weil die zwischen Hornblatt und vorderer Wand der primären Augenblase gelegene Schichte des mittleren Keimblattes gleichzeitig mit der Linse in die Augenblase eingestülpt wird und die Fortsätze des letzteren vor der Linse sich wieder vereinigen, sobald diese in die secundäre Augenblase eingetreten ist.

Aus dieser Auseinandersetzung über die Genese der Cornea und Sclera ergibt sich, dass beide Gebilde aus dem Gewebe der Kopfplatten, beziehungsweise dem mittleren Keimblatt hervorgehen; nur das Epithel an der vorderen Hornhautfläche ist ein Abkömmling des oberen Keimblattes. Die Anlage für Sclera und Cornea ist von der Zeit an gegeben, wo das mittlere Keimblatt die secundäre Augenblase nach erfolgter Einstülpung der Linse in der ganzen Circumferenz umhüllt. Die weitere Ausbildung dieser Theile wird vermittelt durch eine in dem Gewebe der Kopfplatten erfolgende Differenzirung.

Als nothwendige Folge dieser Auffassung über Entwicklung der Cornea und Sclera würde sich zunächst ergeben, dass deren Entstehung in eine frühere Zeit zu verlegen ist, als dies gewöhnlich angenommen wird. In der eben mitgetheilten Schilderung der Entstehungsweise der Cornea aus dem Gewebe der Kopfplatten

sind aber ferner Gesichtspunkte enthalten, welche geeignet sind, einen Beitrag zu der Entscheidung der Frage zu liefern, ob die Cornea ursprünglich vollständig structurlos angelegt ist oder nicht.

Es wurde darauf hingewiesen, dass Einige die erste Gewebsanlage der Cornea als eine vollkommen homogene bezeichnen. So betont z. B. Kessler, dass aus dem kernhaltigen Keimgewebe zunächst eine vollständig lichte Substanz entstehe, in welche erst später die Zellen einwandern sollen. Ich kann dieser Annahme nach meinen Untersuchungen nicht beipflichten, weil ich zu jeder Zeit und in jedem Stadium der Entwicklung nachweisen konnte, dass das Gewebe, aus welchem die Hornhaut wird, Kerne eingebettet enthält. Dieselben sind allerdings in den früheren Perioden spärlicher und in dem schmalen vor der Linse gelegenen Gewebsstreifen, namentlich an Durchschnitten, nicht immer leicht nachweisbar. Sie fehlen aber niemals und zeigen im Wesentlichen dasselbe Verhalten, wie die Kerne des Gewebes der Kopfplatten. Mit zunehmender Dicke der Hornhaut werden sie zahlreicher und von einer feinkörnigen Protoplasmamasse umlagert. Während diese Gebilde im Anfang eine mehr rundliche Form besitzen, werden sie später mehr spindelförmig oder ästig und ziehen sich in lange Ausläufer aus. Gleichzeitig mit dieser Veränderung wird in der Cornea die Andeutung einer faserigen Structur wahrnehmbar. Diese wenigen Bemerkungen werden genügen, um zu zeigen, dass es sich hier um eine continuirliche Gewebsentwicklung handelt.

Auch bezüglich der Entstehung des Epithels an der hinteren Hornhautfläche kann ich Kessler nicht beipflichten. Derselbe nimmt an, dass dasselbe von den Seiten her über die Hornhautfläche sich wegschiebe. Meinen Beobachtungen zufolge entsteht es in loco gleichzeitig mit der sich vollziehenden Scheidung des vor der Linse gelegenen Fortsatzes des mittleren Keimblattes in Cornea einerseits und Membrana capsulo-pupillaris und pupillaris andererseits. Es wurde hervorgehoben, dass ursprünglich alle diese Gebilde ein zusammenhängendes Ganze darstellen, dass aber später eine Differenzirung in eine äussere gefässlose und eine innere gefässhaltige Schichte sich vollzieht. Diese beiden Lagen hängen ursprünglich noch zusammen und gehen continuirlich in einander über, später aber wird eine Scheidung der Art wahrnehmbar, dass ihr Zusammenhang gelockert wird und sie sich gegenseitig scharf abgrenzen, so dass,

wenn auf Schnitten dieselben sich von einander entfernt haben, jedes der Gebilde einen deutlichen Contour besitzt. Dieses Verhalten habe ich schon bei 30 Mm. langen Embryonen nachweisen können. Gleichzeitig mit dieser Scheidung der genannten Theile tritt an der hinteren Hornhautfläche das Epithel auf und zwar zuerst an den Stellen, an denen die Trennung sich zuerst vollzogen hat. Der ganze Vorgang macht den Eindruck, als ob das Epithel diesem Trennungsprocess seine Entstehung verdanke, als ob diese wesentlich von dem Eintreten des ersteren abhänge. Die Entwicklung des Epithels vollzieht sich gleichzeitig mit der Abgrenzung der Hornhaut gegen die benachbarten Gebilde: eine Erscheinung, die sich in gleicher Weise an allen bindegewebigen Gebilden wiederholt, wo diese gegen anders geartete Gewebe oder gegen Hohlräume sich abgrenzen.

Die Entstehung der eigentlichen Grenzmembranen scheint in einer späteren Zeit zu erfolgen. Bei jüngeren Embryonen habe ich ausser einer lichteren Beschaffenheit und einem geringeren Gehalt an zelligen Elementen keine wesentliche Differenz zwischen den mittleren Abschnitten der Hornhaut und den nächst den Epithelien gelegenen wahrgenommen. Sollte man nach Analogien sich eine Anschauung über die Entstehung der Lamina elastica anterior und posterior bilden, so müsste man diese Häute als Producte einer Differenzirung auffassen, wie sie in ähnlicher Weise zwischen der sogenannten gefässhaltigen und der eigentlichen Linsenkapsel, wie sie ferner an allen Grenzmembranen sich vollzieht.

Auf einen Punkt möchte ich bezüglich der Membrana elastica anterior noch aufmerksam machen. Die meisten Anatomen fassen dieselbe einfach als verdichtete Grundsubstanz der Hornhaut auf und nehmen an, dass die Conjunctiva am Cornealrande aufhöre und nur deren Epithel auf die Cornea sich fortsetze: eine Anschauung, die sich mit der Genese nicht in Einklang bringen lässt. Wie oben nachgewiesen wurde, entstehen die bindegewebigen Theile der Sclera und Cornea aus den Kopfplatten, deren epitheliale Bekleidung aus dem oberen Keimblatt abstammt. Ursprünglich stellen Sclera und Cornea eine gleichartig organisirte und zusammenhängende Gewebsmasse dar. Eine Scheidung erfolgt erst später; sie verräth sich aber wesentlich nur durch eine dichtere Fügung des einen Gewebes, nämlich desjenigen der Sclera. Gleichzeitig mit diesem Unterschied in der Textur

der beiden Häute im Allgemeinen tritt eine Differenz in dem Verhalten der unter dem oberen Keimblatt, beziehungsweise dem Epithel gelegenen Schichten auf, indem der der Sclera entsprechende Abschnitt lockerer wird und ein mehr maschiges Gefüge erhält, während der der Cornea entsprechende Theil etwas lichter und zellenärmer wird. Ein continuirlicher Uebergang und Zusammenhang zwischen den genannten Theilen besteht zu dieser Zeit und in allen folgenden Entwicklungsperioden in unverkennbarer Weise. Der Unterschied in dem Verhalten der beiden Gebilde ist im Wesentlichen darin zu suchen, dass die subepitheliale Schichte der Sclera im weiteren Verlauf zu einer locker gefügten Schleimhaut sich entwickelt, während die subepitheliale Lage der Cornea im Gegentheil ein dichteres Gefüge annimmt. Von genetischem Gesichtspunkte aus ist es eben so unzulässig, die Conjunctiva am Cornealrand endigen zu lassen, als anzunehmen, dass zwischen den Bestandtheilen der Sclera und Cornea ein continuirlicher Zusammenhang nicht bestehe. Wer bestreitet, dass die Conjunctiva auf die Cornea sich fortsetzt, ist auch nicht berechtigt, eine Fortsetzung des Conjunctivalepithels auf die Cornea anzunehmen; bei solcher Auffassung dürfte auch das Cornealepithel nur als der der Cornea entsprechende Theil des Hornblattes bezeichnet werden.

Entwicklung der Chorioidea.

Bezüglich der Entwicklung der Aderhaut hat Remak (l. c.) die Ansicht ausgesprochen, dass dieselbe aus dem äusseren Blatt der secundären Augenblase ihre Entstehung nehme, während Huschke (l. c.) und Schoeler (l. c.) die Anschauung vertreten hatten, dass aus diesem die Stäbchenschichte der Retina werde.

Koelliker nimmt an, dass die äussere Lamelle der secundären Augenblase zur Pigmentschichte sich umgestalte, die Gefässlage der Chorioidea dagegen aus einer äusseren Auflagerung hervorgehe. Koelliker ist zu dieser Anschauung gelangt durch die Untersuchung von Augen ganz junger Embryonen, bei denen die äussere Umhüllung des Auges aus einer einzigen aus sich entwickelndem Fasergewebe zusammengesetzten Haut besteht, welche hinten die Pigmentschichte umschliesst und vorn in die Hornhaut sich fortsetzt. Von einer Chorioidea konnte Koelliker an solchen Augen nichts wahrnehmen. Derselbe weist darauf hin, dass, wenn die Chorioidea ein Theil der secundären Augenblase wäre, die Abgrenzung derselben von der Sclerotica auch in ganz jungen Augen schon sichtbar sein müsste. Gegen die Ansicht Schoeler's, dass die Gefässhaut, wie die Faserhaut zu einer gewissen Zeit eine geschlossene Blase bilde, deren vorderer Abschnitt — die Membrana pupillaris und capsulo-pupillaris — später schwinde, macht Koelliker geltend, dass die Linse in ihrer ganzen Circumferenz von einem gefässreichen Gewebe umgeben sei, das mit der Chorioidea in keinem Zusammenhang stehe.

Noch bestimmter spricht sich Max Schultze.(Arch. für mikrosk. Anat., Bd. II.) für die von der äusseren Lamelle der secundären Augenblase unabhängige Entstehung der Chorioidea aus, indem er hervorhebt, dass, wenn schon die Bildung der Chorioidea eine spätere sei, die Pigmentirung derselben zu einer noch späteren Zeit und zwar gleichzeitig mit der gewisser Theile der Sclera erfolge, und zwar nicht nur unabhängig vom Pigment der secundären Augenblase, sondern auch in ganz anderer Weise.

Kessler und Lieberkühn stimmen im Wesentlichen mit der von Koelliker und Max Schultze beschriebenen Entstehungsweise der Chorioidea und des Pigmentes zwischen Chorioidea und Retina überein.

Bei der Darlegung meiner eigenen Befunde, bezüglich der Entwicklung der Chorioidea bei Rindsembryonen, muss ich mit der Schilderung der Befunde bei ganz jungen Embryonen beginnen.

Während ich bei 6—8 Mm. (cf. Taf. I, Fig. 1 u. 2) langen Embryonen in dem die primäre Augenblase umhüllenden Gewebe der Kopfplatten noch nicht im Stande war, Gefässe nachzuweisen, waren solche bei einem 9 Mm. langen Embryo (cf. Taf. I, Fig. 3) vorhanden. Dieselben umgaben in Form eines Kranzes die in der Einstülpung begriffene Augenblase, hörten aber in der Nähe der Umschlagestelle auf; wenigstens war es mir nicht möglich, dieselben weiter zu verfolgen. Dagegen fand ich bei 12 Mm. langen Embryonen (cf. Taf. I, Fig. 4) einen Gefässkranz, welcher nicht nur die secundäre Augenblase umgab, sondern sich auch nach vorn zwischen das Hornblatt und die von diesem abgerückte Linse erstreckte und auf diese Weise eine das Auge in der ganzen Circumferenz umhüllende Gefässlage darstellte. Diese zeigte im Wesentlichen dasselbe Verhalten bei 15 und 18 Mm. langen Embryonen (cf. Taf. II, Fig. 5 u. 6); nur waren die Gefässe zahlreicher, die Gefässschichte dem entsprechend breiter. Hand in Hand mit dieser Zunahme der Gefässschichte geht die Abnahme in der Dicke der hinteren Lamelle der secundären Augenblase, sowie das erste Auftreten und die Vermehrung des Pigmentes. Während bei dem in Fig. 4 abgebildeten 12 Mm. langen Embryo die hintere Lamelle noch ziemlich breit ist und zwischen beiden Lamellen noch kein Pigment sich findet, zeigt die erstere in Fig. 5 an der einen Seite eine mässige, an der

anderen eine hochgradige Atrophie und das letztere ist in der Entwicklung schon ziemlich vorgeschritten. An dem in Fig. 6 dargestellten Auge eines 18 Mm. langen Embryo ist die hintere Lamelle nur noch in den vorderen Abschnitten nachweisbar und die vordere ist in ihrer ganzen Ausdehnung von einer Pigmentschichte umgeben. Bei 23 Mm. langen Embryonen habe ich die Pigmentschichte bereits ziemlich massig und nächst dem vorderen Ende der Augenblase verdickt gefunden; das hintere Blatt war auch in den vordersten Abschnitten vollständig verschwunden. Nach hinten und an den Seiten war die Lamina pigmenti von einem Gefässkranz umgeben, dessen Zweige mit den vor und hinter der Linse gelegenen Gefässen in Zusammenhang standen.

Während bei jüngeren Embryonen der die Augenblase umsäumende Gefässkranz einfach in dem die letztere umhüllenden Gewebe der Kopfplatten eingebettet erscheint, wird später (bei 28—30 Mm. langen Embryonen) eine Differenzirung zwischen der Gefässe tragenden Schichte und der gefässlosen nachweisbar; ihr Zusammenhang scheint sich zu lockern und sie machen mehr den Eindruck zweier gesonderter Membranen (cf. Taf. II, Fig. 8), während früher beide ein einheitliches Ganze darstellten, das nur durch den Gefässgehalt der an die Augenblase angrenzenden Schichte in den einzelnen Lagen ein verschiedenes Verhalten darbot. Diese eben beschriebene Trennung vollzieht sich gleichzeitig mit der Differenzirung der Sclera gegen die Kopfplatten, sie tritt aber später ein als die Trennung zwischen Hornhaut und Membrana capsulo-pupillaris und pupillaris; dagegen fällt die Beendigung der Scheidung zwischen Hornhaut und den letztgenannten Theilen einerseits und Chorioidea und Sclera andererseits der Zeit nach so ziemlich zusammen.

Die eben berichteten Thatsachen sind gewiss geeignet, die Richtigkeit derjenigen Anschauung zu illustriren, welcher zufolge die Gefässschichte der Chorioidea ein Abkömmling der Kopfplatten ist. Es ergibt sich aber ferner aus denselben, dass die Chorioidea in einer sehr frühen Zeit schon angelegt ist, und dass ihre weitere Entwicklung im Wesentlichen auf eine Trennung der gefässhaltigen und gefässlosen Schichte des die Augenblase umgebenden Gewebes der Kopfplatten zurückgeführt werden muss.

Vergleichen wir diese Entstehungsweise der Chorioidea und Sclera einerseits mit derjenigen der Cornea und Membrana capsulo-pupillaris und pupillaris andererseits, so ist die grosse

Aehnlichkeit in dem Entwicklungsmodus nicht zu verkennen. Wie der zwischen Linse und Hornblatt gelegene Abschnitt des mittleren Keimblattes in eine gefässlose und eine gefässhaltige Lage sich trennt, in derselben Weise vollzieht sich eine Scheidung in eine gefässarme und eine gefässhaltige Schichte an demjenigen Theil der Kopfplatten, welcher die secundäre Augenblase umhüllt. Durch diese Differenzirung des Gewebes der Kopfplatten kommt es zwischen Linse und Hornblatt zu der Bildung der Cornea und Membrana capsulo-pupillaris und pupillaris, an der letztgenannten Stelle aber zu derjenigen der Sclera und Chorioidea.

Was die Entwicklung des zwischen Chorioidea und Retina gelegenen Pigmentes betrifft, so kann man leicht sich davon überzeugen, dass dasselbe gleichzeitig mit dem Beginn der Atrophie der hinteren Lamelle der secundären Augenblase auftritt und dass die Pigmentbildung im Allgemeinen in demselben Maasse zunimmt, wie diese Lamelle schwindet.

Während bei 12 Mm. langen Embryonen (cf. Taf. I, Fig. 4), bei denen die hintere Lamelle noch eine ziemliche Breite besitzt, eine Pigmentlage zwischen den beiden Blättern der Augenblase noch nicht nachweisbar ist, findet man schon bei 15 Mm. langen Embryonen (cf. Taf. II, Fig. 5) die ersten Anfänge der Pigmentbildung. Dieselbe ist aber noch eine ungleichmässige, der Art, dass an den einen Stellen Pigment vorhanden ist, an den anderen solches mangelt. Berücksichtigt man, dass gerade an denjenigen Parthien, an welchen die Atrophie der hinteren Lamelle der secundären Augenblase am weitesten vorgeschritten, die Pigmentbildung am deutlichsten ist, so wird man nicht verkennen können, dass zwischen beiden Vorgängen ein Zusammenhang besteht.

Diese Beziehung zwischen Pigmentbildung und Atrophie der hinteren Lamelle der secundären Augenblase äussert sich aber ferner in der Weise, dass im Allgemeinen die Pigmentlage in demselben Maass dicker wird, als die Atrophie der letzteren fortschreitet. So ist z. B. bei 18 Mm. langen Embryonen (cf. Taf. II, Fig. 6), bei denen der Schwund dieser schon ziemlich weit nach vorn sich erstreckt, die Pigmentlage bereits eine continuirliche, die secundäre Augenblase in der ganzen Circumferenz umhüllende. Mit zunehmendem Alter erreicht dieselbe ferner eine beträchtliche Dicke (cf. Taf. II, Fig. 7 und Taf. III, Fig. 9).

Es wurde oben berichtet, dass die meisten neueren Beob-

achter eine Bildung des Pigmentes aus den Elementen des atrophirenden hinteren Blattes der secundären Augenblase annehmen. Aus den oben mitgetheilten Thatsachen ergibt sich, dass das Pigment unzweifelhaft an der Stelle dieser Lamelle sich entwickelt und in demselben Grade an Masse zunimmt, als diese atrophirt, dass somit eine Beziehung zwischen Pigmentbildung und Atrophie der hinteren Lamelle besteht. Ob man aber auf Grund dieser Wahrnehmungen berechtigt ist, eine Umwandlung der Elemente dieser in Pigmentzellen anzunehmen, scheint mir zweifelhaft. Zu einer solchen Auffassung würde man meines Erachtens nur berechtigt sein, wenn der sichere Nachweis geliefert würde, dass eine solche Metamorphose wirklich statt hat. Mir selbst ist es nicht gelungen, Vorgänge dieser Art zu beobachten. Vielmehr habe ich an dieser Stelle noch einer Wahrnehmung zu erwähnen, die gegen die Existenz einer solchen directen Umwandlung der Elemente der hinteren Lamelle in Pigmentzellen zu sprechen scheint. Ich meine das Verhalten der beiden Blätter der secundären Augenblase und der Pigmentlage an der Umschlagestelle der ersteren.

Es wurde bereits bei einer anderen Gelegenheit betont, dass die hintere Lamelle nächst der Uebergangsstelle in die vordere am spätesten atrophirt. Die Figuren 7, 8 und 9 sind geeignet, dieses Verhalten zu illustriren. Eine Betrachtung derselben lehrt aber ferner, dass die Pigmentlage gerade an dieser Stelle am stärksten entwickelt ist. Wäre man ohne weiteres berechtigt, eine unmittelbare Umwandlung der Formelemente der hinteren Lamelle in diejenigen der Pigmentlage anzunehmen, so sollte man erwarten, dass da, wo diese die stärkste Entwicklung erreicht, die Atrophie der ersteren am weitesten gediehen sei. Ich bin weit davon entfernt, aus dieser Beobachtung den Schluss zu ziehen, dass eine Entstehung der Pigmentzellen aus den Formelementen der hinteren Lamelle nicht statt habe. Es war nur meine Absicht, die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand zu lenken, von den Untersuchungen Anderer die Entscheidung dieser Frage erhoffend. Vorerst will es mir dünken, als ob die Auffassung, dass die Lamina pigmenti an die Stelle der hinteren Lamelle der secundären Augenblase tritt, dem Thatbestand mehr entsprechen würde.

Entwicklung des Corpus ciliare und der Iris.

Die ersten genaueren Angaben über die Entwicklung dieser Gebilde finden sich bei Baer (Entwicklungsgesch. I. Th., S. 105 und 122 und II. Th. S. 114). Derselbe konnte bei einem sieben Tage alten Hühnchen nachweisen, dass an der Stelle, wo die Netzhaut aufhört, eine Trennung der dunklen Haut in Aderhaut und Ciliarkörper erfolge. Baer beschreibt diese Vorgänge mit folgenden Worten: „Letzterer (der Ciliarkörper) bekömmt einige sehr kleine Falten. Ich weiss nicht, ob es eine wahre Trennung ist, oder ob nur die Netzhaut und Aderhaut sich von der Linse zurückziehen und das Strahlenplättchen und der Ciliarkörper neu hinzugetretene Theile sind." Bezüglich der Iris erwähnt Baer (S. 122), dass sie gegen Ende des 10ten Tages als ein schmaler ungefärbter Ring entstehe, der erst zwischen dem elften und dreizehnten Tage von dem Pupillarrand aus sich färbe.

Bei Fr. Arnold (Untersuch. über das Auge, S. 149 u. 150) findet sich die Angabe, dass beim Menschen die Strahlenkrone in der Mitte, die Regenbogenhaut am Ende des zweiten Monats sichtbar werde. Die letztere entstehe in Form eines schmalen farblosen Ringes, der nicht wie von Malpighi, Haller, Autenrieth, Soemmerring, Meckel, Huschke, J. Müller und A. behauptet worden ist, gespalten sei und erst im dritten Monat sich zu färben anfange. Das Gewebe der Iris wird als zuerst körnig, später faserig beschrieben.

Remak's (l. c., S. 25, § 71) Angaben über die Entwicklung dieser Theile sind sehr kurz. Derselbe sagt wörtlich: „Am Ende des vierten Tages zeigt sich auf der äusseren Fläche der Augen-

blase ein Anflug schwarzen Pigments die Anlage der Chorioidea, des Corpus ciliare und der Iris“.

Bezüglich der Entwicklung der Iris stimmen die Beobachtungen Koelliker's mit denjenigen Fr. Arnold's ziemlich genau überein. Nach Koelliker's Beobachtungen wächst am Ende des zweiten Monats, deutlich jedoch erst im dritten Monat vom vorderen Rand der Chorioidea eine anfänglich ungefärbte Lamelle in kreisförmiger Linie vor, welche dann nach und nach zur Iris wird, zwischen Hornhaut und Linse weiter sich vorschiebend, eine grössere Entfaltung gewinnt und im dritten Monat auch vom Pupillarrand aus sich färbt.

Babuchin's Beobachtungen beziehen sich hauptsächlich auf die Entwicklung des Pigmentes. Hensen lässt das Corpus ciliare und die Iris von der Chorioidea aus angebildet werden. Max Schultze (Stricker's Handbuch der Gewebelehre, Bd. II, S. 1033) gibt an, dass das hinter der Iris gelegene Pigment aus dem vorderen Blatt der secundären Augenblase nebst Pars ciliaris retinae und der eigentlichen Netzhaut hervorgehe.

Ausführliche Mittheilungen macht Kessler über die Genese des Corpus ciliare sowohl als der Iris. Nach den Beobachtungen Kessler's soll am siebenten Tag beim Hühnchen im vorderen Abschnitt der secundären Augenblase eine vom freien, der Linse anliegenden Rand rückwärts fortschreitende Verdünnung der inneren Lamelle eintreten, wodurch diese in zwei Abschnitte sich sondere. In dieser vorderen sich verdünnenden Zone trete am zehnten Tag durch Faltenbildung eine neue Sonderung ein, indem der vor der Falte gelegene Theil beider Lamellen der secundären Augenblase zum Irispigment werde, der hinter dem vorderen Faltenrand gelegene dagegen durch die äussere Lamelle das Pigment, durch die innere das pigmentlose Epithel der Pars ciliaris retinae liefere. Nach der Ansicht Kessler's reicht der Ciliartheil der secundären Augenblase von dem peripherischen Irisrand bis an die Ora serrata, an welcher sie ohne scharfe Grenze in die Retina übergehe.

Das Wesentliche der eben berichteten Anschauungen Kessler's ist das, dass bei der Entwicklung von Corpus ciliare und Iris beide Lamellen der secundären Augenblase, sowie die Kopfplatten sich betheiligen sollen. Ausserdem sei hier noch erwähnt, dass Kessler die Entwicklung der hier in Rede stehenden Ge-

bilde in erster Linie von der Augenblase ausgehen lässt und dass die Wachsthumsverhältnisse in dieser, namentlich die Differenzirung in der inneren Lamelle den Impuls zu ihrer Entstehung geben sollen.

Lieberkühn bestätigt für das Vogelauge die Angaben Kessler's bezüglich der Betheiligung der beiden Lamellen der secundären Augenblase bei der Entwicklung der Processus ciliares und der Iris. Derselbe hebt aber hervor, dass bei Augen von Säugethieren dieser Modus der Genese sich keineswegs immer nachweisen lasse und man auch bei jüngeren Embryonen die beiden Blätter an der Iris nicht mehr unterscheiden könne.

Erwähnen will ich noch, dass Winther (Bericht der 39ten naturforsch. Vers. zu Giessen, 1864) die Pupillarmembran als embryonale Irisanlage betrachtet, und Zernoff (l. c.) dieselbe aus dem peripherischen Theile der Vorderhälfte der zeitweiligen Linsenkapsel hervorwachsen lässt.

Die oben berichteten Anschauungen der einzelnen Beobachter weichen sowohl bezüglich der Entwicklung der Iris als des Corpus ciliare, sowie betreffend der Betheiligung der einzelnen Abschnitte der Augenblase und Kopfplatten so wesentlich von einander ab, dass es wohl gerechtfertigt erscheinen mag, wenn ich meine Beobachtungen über diese Verhältnisse mittheile.

Wie bereits oben nachgewiesen wurde, beginnt schon bei 15 Mm. langen Embryonen die Atrophie der hinteren Lamelle der secundären Augenblase und gleichzeitig mit dieser die Pigmentbildung (cf. Taf. II, Fig. 5). Bei 18 Mm. langen Embryonen ist gewöhnlich die Atrophie der hinteren Lamelle schon ziemlich weit vorgeschritten und es ist häufig diese nur noch an der Umschlagestelle nachweisbar (cf. Taf. II, Fig. 6). Diese selbst erscheint meistens etwas dicker, abgerundet und gegen den Linsenrand gewendet. Zwischen den beiden Lamellen der secundären Augenblase ist an der Umschlagestelle ziemlich viel Pigment gelegen; dasselbe wird aber nach vorn immer von dem umgeschlagenen Abschnitt der Augenblase, der als ziemlich breite Zone nachweisbar ist, begrenzt.

Vor diesem eben beschriebenen Theil der secundären Augenblase trifft man schon bei ganz jungen Embryonen (von 12 Mm. Länge, cf. Taf. I, Fig. 4), noch ehe die Atrophie der hinteren Lamelle begonnen, ein vascularisirtes Gewebe, das mit demjenigen der Kopfplatten einerseits, andererseits mit dem vor und hinter

der Linse gelegenen continuirlich zusammenhängt. Dasselbe wird mit zunehmendem Alter (bei 15—18 Mm. langen Embryonen, cf. Taf. II, Fig. 5 und 6) reichlicher, auch die Zahl der Gefässe wird eine beträchtlichere. Dieselben stehen in Verbindung mit dem die Augenblase am hinteren und seitlichen Umfang umgebenden Gefässkranz, aus dem, wie im vorigen Abschnitt nachgewiesen wurde, die Chorioidea sich entwickelt, als dessen vorderster Abschnitt sie sich gleichsam darstellen. Sie stehen aber ferner in Verbindung mit den vor und hinter der Linse gelegenen Gefässen.

Im Wesentlichen dieselben Befunde erhält man bei der Untersuchung älterer Embryonen (von 23—40 Mm. Länge, cf. Taf. II, Fig. 7, 8 und Taf. III, Fig. 9) bezüglich des Verhaltens dieses Abschnittes der Kopfplatten sowohl, als der Umschlagestelle der secundären Augenblase; nur ist der erstere etwas massiger wie früher, die Atrophie der hinteren Lamelle etwas weiter gediehen, das Pigment zwischen den beiden Blättern zahlreicher.

Diese Verhältnisse erfahren erst eine bemerkenswerthe Veränderung bei 70 Mm. langen Embryonen (cf. Taf. III, Fig. 10 u. 12). Die Zellen der Umschlagestelle und der hinteren Lamelle der secundären Augenblase sind vollständig geschwunden. Die Pigmentschichte ist dicker und stösst unmittelbar an den vor ihr gelegenen Zapfen der Kopfplatten, von dem sie früher durch die an der Umschlagestelle gelegenen Zellen der secundären Augenblase getrennt worden war. Der Zapfen selbst ist massiger, die Gefässe in ihm sind entwickelter und hängen mit den Gefässen der sogenannten gefässhaltigen Linsenkapsel an der vorderen wie hinteren Fläche der Linse zusammen. Das Verhalten des vordersten Endes des vorderen Blattes der secundären Augenblase ist insofern ein verändertes, als es spitz zulaufend endigt und schmäler ist, während es früher eine ziemliche Breite besass und vor der Pigmentschichte nach hinten sich umschlug. Dagegen ist insofern eine Uebereinstimmung des Befundes mit dem in den früheren Stadien vorhanden, als der durch die Kopfplatten gebildete Zapfen von dem vorderen Ende der secundären Augenblase, das jetzt aus einer verdickten Pigmentlage und einer spitz zulaufenden Schichte radiär gestellter Elemente besteht, leicht sich trennen lässt (cf. Fig. 12).

Bei 12 Ctm. langen Embryonen (cf. Taf. III, Fig. 11) ist die Entwicklung des vor dem vorderen Ende der secundären Augen-

blase gelegenen Abschnittes der Kopfplatten noch beträchtlicher, seine Vascularisation noch bedeutender. Der Zusammenhang seiner Gefässe mit denjenigen der Membrana capsulo-pupillaris ist leicht nachweisbar, weniger deutlich ist derselbe zwischen den Gefässen an der hinteren Linsenfläche und denjenigen des Zapfens der Kopfplatten. Wie früher bereits erwähnt wurde, hängt dieses Phänomen zusammen mit der beginnenden Entwicklung der Zonula ciliaris. Der Zapfen der Kopfplatten ist aber auch etwas länger und schiebt sich weiter über den Linsenrand vor. Derselbe zeigt überdies beginnende Pigmentirung in seinem Gewebe. Die Pigmentschichte der Augenblase ist dicker und zeigt einen welligen Verlauf, der Art, dass sie gegen den Linsenrand an einzelnen Stellen stärker vorspringt. Die hinter der Pigmentschichte gelegene Lamelle der secundären Augenblase ist noch schmäler und endigt spitz zulaufend. Eine Trennung zwischen dem Zapfen der Kopfplatten und dem vorderen Ende der secundären Augenblase ist auch jetzt noch leicht möglich.

Die bei älteren Embryonen (14—20 Ctm.) eintretenden Veränderungen beziehen sich wesentlich auf die fortschreitende Atrophie des vorderen Endes der vorderen Lamelle der secundären Augenblase, während die Pigmentschichte an Dicke zunimmt und stark wellig wird. So findet man bei 20 Ctm. langen Embryonen ein schon ziemlich entwickeltes Corpus ciliare, das aus drei Schichten besteht. Am meisten nach innen ist ein schmaler Streifen eines Gewebes gelegen, das aus radiär gestellten Zellen zusammengesetzt ist. Dasselbe überzieht das Corpus ciliare in seiner ganzen Ausdehnung und reicht auch noch auf die angrenzenden Abschnitte der Iris. Darauf folgt eine dicke wellig angeordnete Pigmentlage, die nach vorn spitz zuläuft und gleichfalls auf Iris sich fortsetzt. Nach vorn von dieser ist ein gefässreiches Gewebe gelegen, das nach hinten in die Chorioidea ausläuft, nach vorn und innen aber in einen Zapfen sich auszieht, der vor der Membrana capsulo-pupillaris sich wegschiebt und mit zunehmendem Alter der Augenaxe näher rückt.

Aus den eben mitgetheilten Beobachtungen ergibt sich meines Erachtens unzweifelhaft, dass bei der Bildung des Corpus ciliare erstens die Kopfplatten, zweitens die an die Stelle der hinteren Lamelle der secundären Augenblase tretende Pigmentschichte und endlich drittens derjenige Theil der vorderen Lamelle der

secundären Augenblase, welcher zur Pars ciliaris retinae wird, sich betheiligt.

Bezüglich des Antheiles des Gewebes der Kopfplatten an der Entwicklung des Corpus ciliare ist zu bemerken, dass dem vor der Umschlagestelle der secundären Augenblase gelegenen Abschnitt diese Rolle zufällt. Derselbe stellt bei ganz jungen Embryonen mit dem vor der Linse befindlichen und dem die secundäre Augenblase umhüllenden Theil ein zusammenhängendes Ganze dar. Später wird aber an den sämmtlichen oben genannten Abschnitten des Gewebes der Kopfplatten eine Trennung in eine innere gefässhaltige und eine äussere gefässlose Schichte wahrnehmbar. Durch diese Scheidung kommt es zwischen Hornblatt und Linse zu der Anlage von Hornhaut und Membrana capsulopupillaris, an dem ganzen Umfang der secundären Augenblase zu der Trennung der Kopfplatten in Sclera und Chorioidea, vor der Umschlagestelle der secundären Augenblase zu der Scheidung in Corpus ciliare einerseits und Uebergangsstelle der Hornhaut in die Sclera andererseits. Der letztere Vorgang vollzieht sich gleichzeitig mit dem erst genannten, erreicht aber wie es scheint, am spätesten seinen Abschluss. Dieser selbst wird, so weit meine Erfahrungen reichen, durch die Anbildung des Ligamentum pectinatum, welche im Wesentlichen auf eine partielle Einschmelzung des in dem Winkel zwischen Hornhaut, Sclera und Corpus ciliare gelegenen Gewebes zurückzuführen ist.

Dass der oben erörterten Anschauung zufolge derjenige Abschnitt des Corpus ciliare, dessen Entwicklung auf Rechnung der Kopfplatten kommt, als vorderstes Ende der Chorioidea aufgefasst werden kann, bedarf keiner weiteren Ausführung. Das Wesentliche in der oben gegebenen Darstellung ist aber jedenfalls der Nachweis des gemeinsamen Angelegtseins und Ursprungs beider Gebilde aus den Kopfplatten, sowie der weiteren Entwicklung derselben aus diesen durch Differenzirung der Gefässe tragenden inneren Schichten der Kopfplatten, während die gefässarmen äusseren zur Sclera und Uebergangsstelle dieser in die Cornea sich gestalten.

Was die Betheiligung der Pigmentschichte an der Bildung des Corpus ciliare betrifft, so ist oben nachgewiesen worden, dass ursprünglich das an der Umschlagestelle gelegene Pigment nicht nur nach den Seiten, sondern auch nach vorn von den Lamellen der secundären Augenblase eingeschlossen ist. Später

tritt eine Atrophie der hinteren Lamelle auf, welcher zwar der an der Umschlagestelle gelegene Abschnitt dieser am längsten Widerstand leistet, aber doch auch endlich unterliegt. Zuletzt schwindet auch der der Umschlagestelle selbst entsprechende Theil. Durch diese eben beschriebenen Vorgänge kommt die Pigmentschichte in unmittelbare Berührung mit dem Kopfplattenabschnitt des Corpus ciliare, während sie ursprünglich durch die hintere Lamelle der secundären Augenblase von diesem getrennt war. Später treten in der Pigmentlage des Corpus ciliare Wachsthumserscheinungen in der Art ein, dass die Pigmentanhäufung zunimmt und zwar sowohl in der Dicke als in der Flächenausdehnung. Im Allgemeinen geht diese Vermehrung des Pigmentes Hand in Hand mit der Dickenzunahme und Wulstung des Kopfplattenantheils. Ein Zusammenhang dieser Pigmentbildung, oder richtiger gesagt, eine Abhängigkeit derselben von atrophirenden Vorgängen in dem hinteren Blatt der secundären Augenblase besteht nicht, da dieses zu der Zeit gewöhnlich vollkommen geschwunden ist; vielmehr macht die Pigmentbildung den Eindruck eines mehr selbstständigen mit der Entwicklung des Corpus ciliare zusammenhängenden Vorganges: eine Thatsache, die vielleicht geeignet ist, die in dem vorigen Abschnitt erörterte Anschauung über Pigmentbildung zu stützen.

Während in der Pigmentschichte und dem Kopfplattenabschnitt des Corpus ciliare in späteren Perioden eine vermehrte Anbildung sich bemerkbar macht, tritt in der dritten Schichte, welche an der Bildung des Ciliarkörpers sich betheiligt, eine Atrophie ein. Dieselbe wird schmäler, ihr vorderes früher abgerundetes und verdicktes Ende spitzt sich mehr zu. Gleichzeitig geht sie eine innigere Verbindung mit der Membrana hyaloidea ein, wie dies in dem Abschnitt über die Entwicklung der Zonula ciliaris nachgewiesen wurde. Berücksichtigt man dieses Verhalten der vorderen Lamelle der secundären Augenblase, so wird man gewiss Bedenken tragen, mit Kessler anzunehmen, dass von ihr der Anstoss zur Bildung des Corpus ciliare gegeben werde. Wollte man einem Theil des Corpus ciliare eine solche Rolle zuertheilen, so gebührte sie mit mehr Recht dem Gewebe der Kopfplatten.

Die Iris entsteht durch Auswachsen des vor der Umschlagestelle gelegenen Abschnittes der Kopfplatten in der Richtung gegen die Augenaxe. Die Bildung der Iris muss man in eine

spätere Zeit, d. h. nachdem das Corpus ciliare schon eine ziemliche Entwicklung erreicht hat, verlegen, wenn es nicht richtiger ist, den vor der Umschlagestelle gelegenen Abschnitt der Kopfplatten als eine für Corpus ciliare und Iris gemeinsame Anlage zu betrachten. Thatsache ist, dass dieser erst in einer späteren Zeit in Form einer Lamelle vor dem Linsenrand, oder richtiger gesagt vor dem an dieser Stelle gelegenen Abschnitt der Membrana capsulo-pupillaris sich wegschiebt. Betreffs der Beziehung dieser zu der sich vorschiebenden Iris verweise ich auf den Abschnitt über die Entwicklung der sogenannten gefässhaltigen Linsenkapsel. An dieser Stelle wäre nur noch zu betonen, dass an der Bildung der Iris sich auch die Pigmentschichte betheiligt, indem sie vom Corpus ciliare aus an der hinteren Fläche der Iris vorrückt.

Ob und in wiefern die vordere Lamelle an der Zusammensetzung der Iris participirt, ist nicht leicht zu entscheiden. Thatsache ist, dass der dem Ciliartheil der Retina entsprechende Streifen selbst an der vorderen Fläche der Processus ciliares als schmaler Saum nachweisbar ist, und dass er daselbst niemals scharf abgeschnitten aufhört, sondern bedeutend sich verschmälernd fast immer auf die hintere Irisfläche sich verfolgen lässt. Denselben nahe dem Pupillarrand noch nachzuweisen, ist mir niemals gelungen.

Schlussbemerkungen.

In den vorstehenden Abschnitten ist für Cornea und Sclera Chorioidea, Corpus ciliare und Iris, sowie Glaskörper und Linse die Art der Genese von der frühesten Anlage bis zur weiteren durch verschiedene Wachsthumsphänomene vermittelten Entwicklung nachgewiesen worden. Die nachfolgenden Zeilen haben zum Zweck die Rolle zu erörtern, welche das mittlere und obere Keimblatt bei der Entstehung dieser Gebilde übernehmen. Selbstverständlich kann es nicht meine Absicht sein, an dieser Stelle alle auf Entwicklung und Wachsthum dieser sich beziehenden Einzelnheiten zu wiederholen. Bezüglich derselben verweise ich auf die obigen Abschnitte, in denen auch die hier in Kürze wiederzugebenden Anschauungen über die Genese der genannten Theile des Auges und die Rolle der dabei betheiligten Keimblätter ausführlich begründet wurden.

Aus dem oberen Keimblatt wird der epitheliale Ueberzug der Conjunctiva corneae et sclerae, sowie durch Einstülpung eines Fortsatzes desselben in die Augenblase die eigentliche Linsensubstanz.

Die epithelialen Bekleidungen der Conjunctiva corneae et sclerae entstehen durch weitere nicht sehr wesentliche Metamorphosen des oberen Keimblattes. Dagegen handelt es sich bei der Entwicklung der Linse um complicirtere Vorgänge.

Die erste auf die Anbildung der Linse sich beziehende Veränderung äussert sich in den innersten Schichten des oberen Keimblattes an der Stelle der primären Augenblase. Es kommt daselbst durch Vermehrung der Elemente zu der Bildung eines soliden Zapfens, der mit zunehmendem Wachsthum die vordere

Wand der primären Augenblase umstülpt und proportional seiner Grössenzunahme die vordere Wand der hinteren nähert, gleichzeitig in den so entstehenden Raum der Augenblase eintretend.

Im Verlauf der weiteren Entwicklung kommt es zu der Einschmelzung der im Zapfen central gelegenen Zellen und dadurch zu der Umwandlung der ursprünglich soliden Linsenanlage in eine Blase mit wandständigen Zellen und einer centralen Höhle.

Die ferner eintretenden Metamorphosen beziehen sich auf die Umwandlung der an der hinteren Wand gelegenen Zellen zu Linsenfasern und zwar wird je eine kernhaltige Zelle zu je einer Linsenfaser. Die an der vorderen Wand gelegenen Zellen gestalten sich zum Epithel.

In späteren Perioden machen sich ausser dem Wachsthum der an der hinteren Wand gelegenen Linsenfasern die Erscheinungen der Anbildung von den Seiten her bemerkbar. Mit zunehmendem Alter des Embryo rückt die Stelle der seitlichen Anbildung dem Aequator der Linse immer näher.

Durch diese Phänomene des Wachsthumes der Linsenfasern in der Richtung von hinten nach vorn, sowie der Anbildung von den Seiten kommt es zu der Verkleinerung der Linsenhöhle.

Ausserdem ist aber durch diese Wachsthumserscheinungen und insbesondere durch die später überwiegende Anbildung der Linsenfasern von den Seiten her eine Aenderung des Verlaufes der Fasern der Art bedingt, dass diese zuerst am hinteren, später auch am vorderen Linsenpol mit den Enden gegen die Linsenaxe sich umbiegen.

Aus dieser später vorwiegend von der Seite her erfolgenden Anbildung und von hinten her sich äussernden Wachsthumsrichtung erklärt sich aber ausser dem Faserverlauf auch die Bildung der Linsensterne und Linsennähte.

Wenn auch nicht bedeutungsvoller, so doch vielseitiger ist die Betheiligung des mittleren Keimblattes beziehungsweise der Kopfplatten an der Genese einzelner Gebilde des Augapfels.

Die Kopfplatten bilden vor der Linseneinstülpung eine die primäre Augenblase in der ganzen Circumferenz umhüllende Gewebsschichte, die auch zwischen das Hornblatt und die vordere Wand der primären Augenblase sich erstreckt und nur an der Verbindungsstelle der Augenblase mit der Hirnblase unterbrochen ist.

Bei der Einstülpung der Linse in den Raum der Augenblase wird die zwischen dem Hornblatt und der vorderen Wand der primären Augenblase gelegene Schichte der Kopfplatten mit eingestülpt.

Nach vollendeter Abschnürung der Linse vom Hornblatt findet sich zwischen der ersteren und diesem wieder eine Schichte eines Gewebes, die mit den Kopfplatten zusammenhängt und dadurch an diese Stelle zu liegen gekommen ist, dass von den Seiten Fortsätze der Kopfplatten zwischen Linse und Hornblatt in demselben Maasse sich vorschieben, als die erstere von dem letzteren sich entfernt.

Durch dieses Verhalten der Kopfplatten vor, während und nach der Linseneinstülpung kommt es zu der Bildung von Umhüllungen sowohl der Linse, als der secundären Augenblase, deren Gewebe ein Abkömmling desjenigen der Kopfplatten ist.

Beide Hüllensysteme stehen an der Chorioidealspalte und vor der Umschlagestelle der secundären Augenblase in ununterbrochenem Zusammenhang. An beiden vollzieht sich eine Scheidung in gefässarme und gefässreiche Schichten.

Diese Differenzirung führt an dem die secundäre Augenblase umlagernden Abschnitt der Kopfplatten zu der Scheidung in die an Gefässen reiche Schichte — Chorioidea — und in die gefässärmere — Sclera —.

Aus dem vor der Umschlagestelle der secundären Augenblase gelegenen Abschnitt der Kopfplatten wird nach aussen die Uebergangsstelle der Sclera, nach innen der bindegewebige und Gefässe tragende Theil des Corpus ciliare und der Iris.

Der vor der Linse befindliche Fortsatz des Gewebes der Kopfplatten wandelt sich in den äusseren Parthien zu der Hornhaut, in den inneren zu der Membrana capsulo-pupillaris und pupillaris um.

Aus dem mit der Linse eingestülpten Theil der Kopfplatten wird ausser Glaskörper der hintere Theil der sogenannten gefässhaltigen Linsenkapsel, an deren der Linse zugewendeten Fläche durch weitere Differenzirung die eigentliche Linsenkapsel entsteht.

Die Zonula ciliaris endlich wird aus dem am Linsenrand gelegenen Abschnitt des mit der Linse eingestülpten Gewebes. Sie ist die unmittelbare Fortsetzung der Membrana hyaloidea

und entsteht wie diese nur durch weitere Differenzirung aus demselben Gewebe, aus dem der Glaskörper hervorgeht.

Berücksichtigen wir die eben in Kürze erörterte Bedeutung der Kopfplatten für die Entwicklung der einzelnen Gebilde des Auges, so wird der Ausspruch wohl gerechtfertigt erscheinen, dass diese eine sehr vielseitige ist. Alle Hüllen des Augapfels und seiner Gebilde, mögen sie nun die Rolle von schützenden und stützenden oder von ernährenden Membranen übernehmen, sind Abkömmlinge des Gewebes der Kopfplatten.

Literatur.

Huschke, über die erste Entwicklung des Auges und die damit zusammenhängende Cyclopie. Meckel's Archiv für Anatomie und Physiologie. 1832.

Fr. Arnold, anatomische und physiologische Untersuchungen über das Auge des Menschen. 1832.

Henle, de membrana pupillari aliis que oculi membranis pellucentibus. Diss. 1832.

v. Ammon, die Bildung des Vogelauges in den ersten Tagen seiner Entstehung mit vorzüglicher Berücksichtigung von Herrn Dr. Huschke's Untersuchungen. Archiv für Ophthalmologie. 1833.

Fr. Arnold, über die Membrana capsulo-pupillaris. v. Ammon's Archiv für Ophthalmologie. 1833.

Valentin, zur Anatomie des Foetusauges der Haussäugethiere. v. Ammon's Archiv für Ophthalmologie. 1833.

v. Baer, über Entwicklungsgeschichte der Thiere. 1828—37.

Valentin, Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen etc. 1835.

Rathke, Entwicklungsgeschichte der Natter. 1839.

Bischoff, Entwicklungsgeschichte der Säugethiere und des Menschen, Soemmerring's Anatomie. 1842.

C. Vogt, Embryologie des Salmones. 1842.

Koelliker, Entwicklungsgeschichte der Cephalopoden. 1844.

Rathke, über die Entwicklung der Schildkröten. 1848.

Schoeler, de oculi evolutione in embryonibus gallinaceis. Dorp. Diss. 1848.

Gray, on the Development of the Retina and the optic Nerv etc., London philosophical Transact. 1850.

Meyer, H., Beitrag zu der Streitfrage über die Entstehung der Linsenfasern. Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie. 1851.

Fr. Arnold, Handbuch der Anatomie. Bd. II., Abth. 2. 1851.

Koelliker, mikroskopische Anatomie. Bd. II. 1854.

Koelliker, Entwicklung der Linse. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. VI. 1855.

Remak, Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere. 1855.

v. Ammon, Entwicklungsgeschichte des menschlichen Auges. Archiv für Ophthalmologie. Bd. IV. 1858.

C. O. Weber, über den Bau des Glaskörpers und die pathologischen, namentlich entzündlichen Veränderungen desselben. Virchow's Archiv. Bd. XIX. 1860.

Rathke, Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere. 1861.

Koelliker, Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. 1861.

Wilckens, über die Entwicklung der Hornhaut des Wirbelthierauges. Zeitschrift für rationelle Medicin. 3te Reihe. Bd. XI. 1861.

Babuchin, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Retina. Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift. Bd. IV. u. V. 1863 u. 1864.

v. Becker, Untersuchungen über den Bau der Linse bei dem Menschen und den Wirbelthieren. Archiv für Ophthalmologie. Bd. IX. 1863.

Ritter, zur histologischen Entwicklungsgeschichte des Auges. Archiv für Ophthalmologie. Bd. X. 1864.

Ritter, zweiter Beitrag zur Histogenese des Auges. Archiv für Ophthalmologie. Bd. X. 1864.

Winther, Bericht d. 39. Naturforscherversammlung zu Giessen. 1864.

Toeroek, Beiträge zur Kenntniss der ersten Anlagen der Sinnesorgane etc. Wiener akademische Sitzungsberichte, math. naturw. Cl. Bd. 52. Abtheilung 2. 1865.

Ritter, über das Centrum der Froschlinse. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XII. 1866.

Hensen, über den Bau des Schneckenauges etc. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. II. 1866.

M. Schultze, zur Anatomie und Physiologie der Retina. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. II. 1866.

Barkan, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges der Batrachier. Wiener akademische Sitzungsberichte, mathem. naturw. Cl. Abtheil. 1. Bd. 54. 1866.

M. Shultze, Bemerkungen über Bau und Entwicklung der Retina. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. III. 1867.

Schenk, zur Entwicklungsgeschichte des Auges der Fische. Wiener akademische Sitzungsberichte, mathem. naturw. Cl. Abth. 2. Bd. 55. 1867.

Sernoff, zum mikroskopischen Bau der Linse beim Menschen und bei den Wirbelthieren. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XIII. 1867.

Bambeke, Recherches sur le Développement du Pélobate brun. Academie royale etc. de Belgique. 1868.

His, Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes. 1868.

Woinow, über die Entstehung der bipolaren Anordnung der Linsenfasern. Wiener akademische Sitzungsberichte, mathem. naturw. Cl. Abth. 2. 1869.

Iwanoff, Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. Archiv für Ophthalmologie. Bd. XV. 1869.

Schwalbe, de Canali Petiti et de Zonula ciliari. Habilitationsschrift. 1870.

Merkel, die Zonula ciliaris. Habilitationsschrift. 1870.

Kessler, Untersuchungen über die Entwicklung des Auges etc. Dorpat. Diss. 1871.

Babuchin, die Linse, Stricker's Histologie. Bd. II. 1872.

Lieberkühn, über das Auge des Wirbelthierembryo. 1872.

Iwanoff, Stricker's Histologie, der Glaskörper. Bd. II. 1872.

Zernoff, Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. Nr. 13. 1872.

Waldeyer, Nagel's Bericht für Ophthalmologie, Entwicklungsgeschichte. 1872.

Goette, vorläufige Mittheilungen über die Entwicklung der Unke. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. IX. 1873.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Fig. 1. 6 Mm. langer Rindsembryo.

Die primären Augenblasen stehen mit der Hirnblase in weit offener Communication; ihre Wände sind aus radiär aufgestellten Zellen aufgebaut. Zwischen dem Hornblatt und der vorderen Wand der primären Augenblase ist eine lichte, Kerne enthaltende Gewebsschichte gelegen, die nach den Seiten mit dem Gewebe der Kopfplatten zusammenhängt.

Fig. 2. 7 Mm. langer Rindsembryo.

Die primäre Augenblase erscheint mehr in sich abgeschlossen. Die Communication mit der Hirnblase wird nur noch durch eine schmale Rinne vermittelt. Das Hornblatt ist entsprechend der vorderen Wand der primären Augenblase etwas verdickt, die zwischen beiden gelegene Schichte der Kopfplatten ist viel schmäler.

Fig. 3. 9 Mm. langer Rindsembryo.

Die vordere Wand der Augenblase ist bereits nach hinten umgestülpt. Das Hornblatt erscheint an dieser Stelle kuglig verdickt und es lassen sich an demselben drei Schichten unterscheiden: eine äussere mehr längsstreifige, eine mittlere hellere und eine innere aus senkrecht gestellten Zellen bestehende. Zwischen der letzteren und der eingestülpten Wand der Augenblase findet sich eine mit den Kopfplatten zusammenhängende Gewebsschichte.

Fig. 4. 12 Mm. langer Rindsembryo.

Die Linse ist bereits eingestülpt und hat sich von dem Hornblatt etwas entfernt. Dieselbe erscheint als ein kugliges Gebilde, das in den peripherischen Abschnitten aus länglichen radiär gestellten Zellen, im Centrum aber aus kugligen lichten, zum Theil kernhaltigen Körpern besteht. Die Linse ist an ihrer ganzen Circumferenz von einem lichten Gewebe eingehüllt, das an den Seiten mit den Kopfplatten zusammenhängt. Die vordere

Lamelle der secundären Augenblase ist vollkommen nach hinten umgestülpt, dicker wie die hintere und von dieser durch einen lichten Raum getrennt. Die hintere Lamelle wird in der ganzen Ausdehnung von einem Gefässkranz umgeben, dessen Zweige vor der Umschlagestelle der Lamellen der Augenblase in den zwischen Hornblatt und Linse gelegenen Abschnitt der Kopfplatten sich fortsetzen.

Taf. II.

Fig. 5. 15 Mm. langer Rindsembryo.

Die Form der Linse ist insofern verändert, als dieselbe hinten breiter und ihre Wand dicker erscheint. In der im Centrum befindlichen Höhle liegen lichte kuglige Körper. Das zwischen Linse und Hornblatt gelegene Gewebe ist etwas gekörnt, das hinter der Linse befindliche mehr licht. Das letztere enthält Gefässe, welche Zweige eines von hinten und unten eintretenden und von einem grösseren an der hinteren Seite des Auges gelegenen Stamme entspringenden Gefässastes sind. Die vordere Lamelle der secundären Augenblase ist dicker, die hintere auf der einen Seite nur noch in der Nähe der Umschlagestelle deutlich nachweisbar. An mehreren Stellen ist die vordere Lamelle bereits von einer Pigmentschichte umgeben. Der die Augenblase umgebende Gefässkranz ist entwickelter. An dem zwischen Linse und Hornblatt gelegenen Gewebe ist eine Trennung in zwei Schichten bereits angedeutet.

Fig. 6. 18 Mm. langer Rindsembryo.

Die hintere Wand der Linse ist beträchtlich verdickt und springt mit einer convexen Linie in die Linsenhöhle vor, welche dem entsprechend ihre Form verändert hat. Die an der hinteren Wand gelegenen Elemente erscheinen bereits als kernhaltige Fasern, welche an den Seiten in die daselbst gelegene, aus länglichen Zellen bestehende Schichte übergehen. An der vorderen Wand der Linsenblase finden sich längliche radiär gestellte Zellen in mehrfacher Schichtung angeordnet. Die Linsenhöhle schliesst kuglige, meistens kernlose Körper ein. Das hinter der Linse gelegene Gewebe enthält Kerne und zahlreiche Gefässe, die beinahe bis zum Linsenrand reichen. Die vor der Linse befindliche Gewebsschichte zeigt bereits eine deutliche Scheidung in eine innere gefässhaltige und eine äussere gefässlose Schichte, welche Kerne enthält und nach aussen von dem Hornblatt überzogen wird. Während die vordere Lamelle der secundären Augenblase eine beträchtliche Dicke erreicht hat, ist von der hinteren nur noch nächst der Umschlagestelle eine Andeutung vorhanden. Die Pigmentlage ist bereits eine continuirliche, die Gefässschichte an der Circumferenz der Augenblase eine sehr entwickelte.

Fig. 7. 23 Mm. langer Rindsembryo.

Die Linse besitzt eine mehr kuglige Form. Die Linsenhöhle erscheint nur noch als ein schmaler Saum. Die Umbiegungsstelle der Linsenfasern in die an den Seiten gelegene Zellenschichte ist weiter nach vorn gerückt. Die Kernzone bildet einen nach vorn convexen Bogen. Die Zellenlage an der vorderen Wand der Linse ist noch mehrschichtig. Der Glaskörper enthält zahlreiche Gefässe. Die Scheidung an dem vor der Linse gelegenen Gewebe ist noch weiter vorgeschritten, der Gehalt an Kernen bei der äusseren Schichte beträchtlicher. Von der hinteren Lamelle der secundären Augenblase ist nur noch nächst der Umschlagestelle ein Theil erhalten. Die Lamina pigmenti bildet eine continuirliche, die vordere Lamelle der secundären Augenblase umhüllende Schichte. An dem die secundäre Augenblase umlagernden Abschnitt der Kopfplatten ist eine auf die Anlage der Sclera zielende Scheidung noch nicht deutlich wahrnehmbar, dagegen ist die Chorioidea entwickelt, ihre Scheidung gegen die Sclera aber noch nicht vollendet.

Fig. 8. 30 Mm. langer Rindsembryo.

Von der Linsenhöhle ist nur noch ein mässig breiter Saum vorhanden. An der hinteren Wand der Linse findet sich ein dreieckiger, mit lichten Kugeln gefüllter Raum. Während die in der Mitte der Linse gelegenen Fasern noch ziemlich gerade von hinten nach vorn verlaufen, sind die Faserenden der angrenzenden Schichte gegen die Linsenaxe umgebogen. Die an den Seiten befindlichen Fasern bilden nach aussen offene Bögen. Die Umbiegungsstelle der Fasern ist dem Aequator ziemlich nahe gerückt, die Kernzone mit dem convexen Theil des Bogens vor der Aequatorialebene gelegen. An dem vor der Linse befindlichen Gewebe hat sich die vollkommene Scheidung in eine gefässlose äussere Schichte (Hornhaut) und gefässhaltige innere Lage (Membrana capsulo-pupillaris) vollzogen. Der Glaskörper enthält zahlreiche Gefässe. Auch an dem die Augenblase umhüllenden Abschnitt der Kopfplatten ist eine Differenzirung in Sclera und Cornea deutlich wahrnehmbar. Die Lamina pigmenti ist bereits entwickelt.

Tafel III.

Fig. 9. 4 Ctm. langer Rindsembryo.

Von der Linsenhöhle ist vorn nur noch in der Mitte ein schmaler Raum nachweisbar; an dem hinteren Pol findet sich gleichfalls ein schmaler, mit lichten Kugeln gefüllter Raum. Die in dem Centrum gelegenen Linsen-

fasern verlaufen gerade von hinten nach vorn, die seitlichen bilden nach aussen offene Bögen. Die Hornhaut ist schon ziemlich breit, zellenreich und etwas faserig. Die Sclera hat sich von dem übrigen Gewebe der Kopfplatten ziemlich vollständig differenzirt. Vor der Umschlagestelle der secundären Augenblase ist ein zapfenförmiger Fortsatz der Kopfplatten gelegen, dessen Gefässe mit denjenigen der Membrana capsulo-pupillaris zusammenhängen. Die Atrophie der hinteren Lamelle der secundären Augenblase ist vollendet; die vordere Lamelle wird an der Umschlagestelle gleichfalls dünner, die Pigmentschichte ist an dieser Stelle stark entwickelt.

Fig. 10. 7 Ctm. langer Rindsembryo.

Der lichte Saum zwischen den Zellen an der vorderen Kapsel und den vorderen Enden der Linsenfasern ist bis auf einen schmalen Streifen geschwunden. An der hinteren Kapsel ist ein dreieckiger Raum gelegen, der nach beiden Seiten bis in die Aequatorialgegend sich ausdehnt. Die in der Mitte gelegenen Fasern verlaufen gerade von hinten nach vorn, nach den Seiten sind die Faserenden gegen die Linsenaxe umgebogen. Am Aequator bilden die Fasern nach aussen offene Bögen. Die Hornhaut ist vollständig entwickelt, ziemlich dick; verjüngt sich aber gegen die Uebergangsstelle in die Sclera. Der Ciliartheil der Retina endigt spitz zulaufend, die Pigmentschichte ist an dieser Stelle sehr entwickelt. Das vor derselben gelegene Gewebe ist gefässreich und hängt mit der Membrana capsulo-pupillaris zusammen.

Fig. 11. 11,5 Ctm. langer Rindsembryo.

In dieser Figur ist das Verhalten der Pars ciliaris retinae und des Glaskörpers zu einander und zu dem Linsenrand dargestellt. Die erstere ist bereits verschmälert und verläuft etwas wellig, entsprechend den Erhebungen und Senkungen der Pigmentschichte. Während der Glaskörper in der ganzen Ausdehnung von der Retina sich abgelöst hat, ist er an dieser Stelle haften geblieben. Der den Kopfplatten zukommende Theil des Corpus ciliare enthält zahlreiche Gefässe und hängt mit der gefässhaltigen Linsenkapsel zusammen.

Fig. 12. 7 Ctm. langer Rindsembryo.

Der Glaskörper nebst der hinteren Linsenkapsel, sowie die Membrana capsulo-pupillaris mit der vorderen Linsenkapsel sind von der Linse abgelöst. Die genannten Theile stehen unter sich und mit dem Fortsatz der Kopfplatten, aus welchem das Corpus ciliare und die Iris werden, in continuirlichem Zusammenhang; dagegen haben sich die Pars ciliaris retinae und die Lamina pigmenti sowohl von diesem Fortsatz, als von dem Glaskörper abgelöst.

Tafel IV.

Fig. 13. 7 Ctm. langer Rindsembryo.

Horizontaler Durchschnitt durch die Linse über der Linsenaxe.

An dem hinteren Pol findet sich ein mit lichten Kugeln gefüllter Raum, in den ein Wulst vorspringt, welcher nach den Seiten von Spalten begrenzt wird. Die dem Wulst entsprechenden Fasern verlaufen gerade von hinten nach vorn, die nach den Seiten gelegenen Fasern sind mit den hinteren Enden gegen die Linsenaxe umgebogen. Hinter dem Aequator findet sich gleichfalls ein lichter mit kugligen Gebilden gefüllter Raum.

Fig. 14. 7 Ctm. langer Rindsembryo.

Horizontaler Schnitt durch die Linse über der Linsenaxe.

Die Verhältnisse sind im Wesentlichen dieselben wie bei Fig. 13; nur ist der Wulst, entsprechend der geringeren Entfernung von der Linsenaxe, kleiner.

Fig. 15. 11 Ctm. langer Rindsembryo.

Horizontaler Schnitt durch die Linse unterhalb der Linsenaxe.

Am vorderen Pol ist ein dreieckiger Raum, an dem hinteren eine Spalte gelegen. Von der letzteren erstreckt sich ein Raum an der hinteren Linsenfläche bis zum Aequator. Der Inhalt des ersteren ist ausgefallen.

Fig. 16. 6 Ctm. langer Rindsembryo.

Meridionaler Durchschnitt durch den Linsenrand.

Die Linsenfasern bilden nach aussen offene Bögen. Zwischen den hinteren Faserenden und der Linsenkapsel findet sich ein mit kugligen Massen gefüllter Raum, an der Innenfläche der vorderen Linsenkapsel ein mehrschichtiges Epithel.

Fig. 17. 4 Ctm. langer Rindsembryo.

Horizontaler Schnitt durch die Linse in grosser Entfernung von der Linsenaxe.

Die von der hinteren Wand abtretenden Fasern verlaufen in der Mitte mehr gerade von hinten nach vorn, an den Seiten dagegen bilden sie nach aussen offene Bögen; die Kernzone ist hinter dem Aequator gelegen. Vor dem Aequator biegen die Fasern entsprechend den Sternen in der Richtung der Linsennähte um.

Fig. 18. 8 Ctm. langer Rindsembryo.

Schnitt parallel der vorderen Fläche, um die Configuration der Sterne von der Fläche zu zeigen.

Fig. 19. 11 Ctm. langer Rindsembryo.

Schnittrichtung dieselbe, um den Beginn der Umbiegung der Fasern an den Linsenwirbeln zu demonstriren.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipz.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

Fig. 9.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 10.

Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 13.

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 16.